

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

SEDE QUITO-CAMPUS SUR

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

MENCIÓN TELEMÁTICA

**Análisis de factibilidad para la implementación de una red
inalámbrica de banda ancha con tecnología WIMAX, para
ofrecer el servicio de Internet a 350 usuarios de la urbanización
PIN de PETROINDUSTRIAL, utilizando servicios y seguridades
bajo LINUX**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE
SISTEMAS**

MÓNICA ALEXANDRA UYANA GARCÍA

DIRECTOR: ING. MARLON J. CARTAGENA

Quito, Marzo 2010

DECLARACIÓN

Yo, Mónica Alexandra Uyana García, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Mónica A. Uyana García

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mónica Alexandra Uyana García, bajo mi dirección.

Ing. Marlon J. Cartagena
Director de Tesis

DEDICATORIA

Quiero dedicar la presente tesis a Dios por ser el guía de mi camino, por bendecirme en el amanecer de cada día y por permitirme tener día a día a mis seres más queridos la familia que tengo hoy.

Dedico el esfuerzo de la presente tesis a mis adorados padres por ser la luz en mi camino, el pilar de mi vida y por ser los ángeles de mi guarda, quienes han estado conmigo en todo momento, me han sabido levantar cuando he tropezado y han creído en mí; a mi querida y hermosa hermanita por darme la felicidad que lleva en su sonrisa y en su vientre..... los quiero mucho.

Y a mis bebes guaype y cuca por ser mis compañeras..... 

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer sinceramente a aquellas personas que han estado brindándome su apoyo constante para poder hacer posible la conclusión de mi tesis y por sus ideas y recomendaciones respecto a la investigación.

Agradezco a mi tutor el Ing. Marlon J. Cartagena por su asesoría y ayuda en la guía de la presente tesis.

Especialmente agradezco a mis abuelitos por su siempre dispuesto apoyo y al Ing. Patricio Guayaquil por impartir sus conocimientos conmigo y por su valioso tiempo dedicado a este trabajo de tesis.

CONTENIDO

INDICE GENERAL

FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	2
1.1.1.1 Espectro Radioeléctrico	3
1.1.2 PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA	5
1.1.2.1 Las ondas terrestres.....	6
1.1.2.2 Las ondas espaciales	6
1.1.2.2.1 Ondas Troposféricas	7
1.1.2.2.2 Ondas Ionosféricas.....	7
1.2 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	8
1.2.1 REDES DE ÁREA EXTENSA INALÁMBRICAS (WWAN)	9
1.2.2 REDES DE ÁREA METROPOLITANA INALÁMBRICAS (WMAN).....	12
1.2.3 REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS (WLAN)	13
1.2.3.1 Tecnología de espectro ensanchado (Spread Spectrum)	13
1.2.3.1.1 Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (FHSS)	14
1.2.3.1.2 Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS).....	14
1.2.3.2 Tecnología de infrarrojos inalámbrica	15
1.2.3.3 Fidelidad sin Cables (Wi-Fi).....	15
1.2.4 REDES DE ÁREA PERSONAL INALÁMBRICAS (WPAN)	16
1.2.4.1 Bluetooth (IEEE 802.15.1)	17
1.2.4.2 El Estándar (IEEE 802.15.2).....	18
1.2.4.3 El Estándar (IEEE 802.15.3).....	19
1.2.4.4 El Estándar (IEEE 802.15.3a o UWB).....	20
1.2.4.5 El Estándar (IEEE 802.15.4 o ZigBee)	21
1.3 TECNOLOGÍAS XDSL	22
1.3.1 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)	25
1.3.1.1 ADSL2 y ADSL2 +	28
1.3.1.1.1 ADSL2	28
1.3.1.1.2 ADSL2+	29
1.3.2 ADSL G.Lite (UDSL)	32
1.3.3 RADSL (Rate adaptative ADSL)	33
1.3.4 GigaADSL.....	34
1.3.5 VDSL (Very high data rate Digital Subscriber Line)	34
1.3.5.1 VDSL2.....	36
1.3.5.2 HDSL (High speed Digital Subscriber Line)	36
1.3.5.3 SHDSL (Symetric High speed Digital Subscriber Line)	37
1.3.6 CDSL (DSL del Consumidor)	38
1.3.7 IDSL (ISDN Digital Subscriber Line).....	38
1.4 WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS (WIMAX)	39
1.4.1 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA FIJO (IEEE 802.16-2004).....	42
1.4.2 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA NOMÁDICO	43
1.4.3 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA PORTABLE.....	43
1.4.4 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA MÓVIL (IEEE 802.16-2005).....	43
1.4.5 BANDAS DE FRECUENCIAS LICENCIADAS ENTRE 2 -11 GHz	43
1.4.6 BANDAS DE FRECUENCIAS NO LICENCIADAS ENTRE 2 -11 GHz	44

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS EN LA URBANIZACIÓN PIN..... 45

2.1 ANÁLISIS DE LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA URBANIZACIÓN PIN	46
2.1.1 SITUACIÓN ACTUAL SISTEMA DE TELEFONÍA URBANIZACIÓN PIN	48
2.1.2 SITUACIÓN ACTUAL ACCESO AL SISTEMA DE INTERNET DE LA URBANIZACIÓN PIN.....	52
2.1.3 SITUACIÓN ACTUAL TELEVISIÓN CODIFICADA Y SATELITAL DE LA URBANIZACIÓN PIN	55
2.2 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS	58

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA 60

3.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES	60
3.1.1 SISTEMA DE BANDA ANGOSTA: BUCLE DE ABONADO INALÁMBRICO (WLL)	60
3.1.2 SISTEMAS DE BANDA ANCHA DE PRIMERA GENERACIÓN.....	61
3.1.3 SISTEMAS DE BANDA ANCHA DE SEGUNDA GENERACIÓN	61
3.1.4 APARICIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS BASADAS EN ESTÁNDARES	62
3.1.4.1 WiMAX Forum.....	62
3.1.4.1.1 Estándar IEEE 802.16.....	62
3.1.4.1.2 Estándar IEEE 802.16a.....	63
3.1.4.1.3 Estándar IEEE 802.16-2004(d).....	64
3.1.4.1.4 Estándar IEEE 802.16-2005	64
3.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA WIMAX.....	65
3.2.1 CAPA FÍSICA BASADA EN OFDM.....	65
3.2.2 ELEVADAS TASAS DE TRANSFERENCIA	65
3.2.3 ESCALABILIDAD	65
3.2.4 MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN ADAPTATIVA (AMC)	66
3.2.5 RETRANSMISIÓN EN LA CAPA DE ENLACE DE DATOS	66
3.2.6 SOPORTE DE APLICACIÓN TDD Y FDD	66
3.2.7 SOPORTE DE CALIDAD Y SERVICIO (QoS)	67
3.3 COMPONENTES DE UNA RED WIMAX	67
3.4 MODELO DE REFERENCIA WIMAX.....	73
3.4.1 CAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC) DE WIMAX	73
3.4.1.1 Subcapa de Convergencia de Servicios Específica (CS).....	74
3.4.1.1.1 CS ATM.....	75
3.4.1.1.2 CS Paquete (Packet CS).....	76
3.4.1.2 Subcapa de Parte Común MAC (CPS).....	76
3.4.1.3 Subcapa de Privacidad (PS)	77
3.4.2 CAPA FÍSICA (PHY)	78
3.4.2.1 Función de la Capa Física	78
3.4.2.2 Arquitectura de la Capa Física	78
3.4.2.3 Técnicas de bilateralidad.....	79
3.4.2.3.1 Duplexación por División de Frecuencia (FDD).....	79
3.4.2.3.2 Duplexación por División de Tiempo (TDD).....	79
3.4.2.4 Esquemas de Modulación	80
3.4.2.4.1 Modulación Adaptiva	80
3.4.2.4.2 Quadrature Amplitude Modulation (QAM).....	81
3.4.2.5 OFDM (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal).....	82
3.4.2.5.1 OFDM en WiMAX.....	83
3.4.3 CALIDAD DEL SERVICIO EN WIMAX.....	83
3.4.3.1 Técnicas de Control de Errores (FEC).....	84

3.4.3.2 Control de Potencia.....	84
3.4.4 PROPAGACIÓN LOS vs. NLOS	85
3.4.4.1 Propagación LOS	85
3.4.4.1.1 Zona Fresnel	86
3.4.4.2 Propagación NLOS	87
3.4.5 TOPOLOGÍAS WIMAX.....	88
3.4.5.1 Punto a Punto (PTP).....	88
3.4.5.2 Punto Multipunto (PMP).....	88
3.4.5.3 Topología Malla (Mesh)	90
3.4.6 WIMAX EN ECUADOR	91
3.4.7 BANDAS DE FRECUENCIA.....	92
3.4.7.1 Espectro sin licencia	93
3.4.7.1.1 Interferencias	93
3.4.7.1.2 Mayor competencia.....	93
3.4.7.1.3 Potencia limitada	94
3.4.7.1.4 Disponibilidad.....	94
3.4.7.2 Espectro con licencia	94
3.4.7.3 Asignación del Espectro en la Banda de 2.4 y 5.8 GHz.....	95
3.4.8 APLICACIONES Y SERVICIOS EN WIMAX	96
3.4.8.1 WiMAX (802.16) para IPTV	97
3.4.8.1.1 Envío de la señal de IPTV en WiMAX.....	97
3.4.8.2 WiMAX (802.16) para VoIP	98
3.4.8.2.1 Funcionalidad de VoIP en WiMAX	98
3.4.8.3 Telemetría en WiMAX	99
3.5 SEGURIDAD EN WIMAX.....	99
3.5.1 POLÍTICAS DE SEGURIDAD.....	100
3.5.1.1 Tecnologías de Seguridad	100
3.5.1.1.1 Proxy, Server y Firewalls.....	100
3.5.1.1.2 Programas de Diagnóstico.....	100
3.5.1.2 Protocolos de Privacidad en WiMAX.....	101
3.6 WIMAX COMO LA MEJOR ALTERNATIVA	101
3.7 ESTRUCTURA DE LA RED DISEÑADA	103
3.7.1 ÁREA DE COBERTURA.....	104
3.8 DISEÑO DE LA RED	104
3.8.1 TRASLACIÓN DE DIRECCIONES (NAT).....	109
3.8.2 SERVIDOR INTERMEDIO (PROXY)	109
3.8.3 SEGURIDAD EN LINUX.....	110
3.8.1 SEGMENTACIÓN DE LAS CELDAS Y CAPACIDAD DE LAS UNIDADES SUSCRIPTORAS.....	115
3.8.1.1 Interferencia Co-Canal	118
3.8.2 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS	120
3.8.2.1 Sistema de Acceso Inalámbrico PacketWave System de APERTO	121
3.8.2.1.1 Estación Base (BSU).....	122
3.8.2.1.2 Unidad de Suscriptor (SU).....	123
3.8.2.2 Sistema de Acceso Inalámbrico Breeze Access VL y Breeze Access Wi2 de ALVARION	123
3.8.2.2.1 Unidad de Acceso (AU).....	124
3.8.2.2.2 Unidad de Suscriptor (SU).....	125
3.8.2.2.3 Ventaja de BreezeAccess VL	126
3.8.2.2.4 Sistema de Gestión AlvariSTAR	128
3.8.2.2.5 BreezeAcces Wi2	128
3.8.2.2.6 Ventaja de BreezeAccess Wi2.....	129
3.8.2.3 Selección del equipamiento para el diseño de la red.....	129
3.8.3 UBICACIÓN DE LAS RADIOBASES	131
3.8.4 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LA RED.....	133
3.8.4.1 Pérdidas de Trayectoria.....	134

3.8.4.1.1 Pérdidas de espacio libre	134
3.8.4.1.2 Difracción Azotea a Calle	135
3.8.4.1.3 Pérdidas de Multipantalla.....	136
3.8.4.1.4 Cálculos del presupuesto del enlace (Link Budget)	138
3.8.4.1.5 Margen de Desvanecimiento (Fading Margin).....	139
3.8.4.1.6 Confiabilidad (Reliability R).....	141
3.8.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO PARA LA RED DE LA URBANIZACIÓN PIN... 144	
3.8.5.1 Correo Electrónico	144
3.8.5.1.1 Estimación del Ancho de Banda para Acceso a Correo Electrónico	145
3.8.5.2 Acceso a Navegación WEB	145
3.8.5.2.1 Estimación del Ancho de Banda para Acceso a Navegación WEB.....	146
3.8.5.3 Voz por Internet (VoPI)	146
3.8.5.3.1 Estimación del Ancho de Banda para Voz por Internet (VoPI)	146
3.8.5.4 Servicios Multimediales.....	146
3.8.5.4.1 Estimación del Ancho de Banda para Servicios Multimediales	147
3.8.5.5 Capacidad del Canal para Acceso al Internet por Usuario	147
3.8.5.6 Capacidad del Canal para Acceso al Internet	147
3.8.6 CAPACIDAD DE LAS UNIDADES SUSCRIPTORAS Wi2	148

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO 150

4.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO.....	150
4.1.1 INDICADORES DE CALIDAD PARA FACTIBILIDAD DEL SERVICIO	150
4.1.1.1 Indicadores de calidad para medir el servicio de Internet en la red	150
4.1.1.2 Integración de la red propuesta y del servicio a ofertar	152
4.1.1.3 Validación de acceso al Internet	152
4.1.1.4 Pruebas de concurrencia de acceso al servicio de Internet.....	153
4.1.1.5 Indicadores de calidad para medir el servicio de internet en usuarios finales.....	153
4.1.1.6 Pruebas de facturación	156
4.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO	156
4.2.1 ESTACIÓN BASE (BS).....	156
4.2.2 UNIDAD SUSCRIPTOR (SU).....	157
4.2.3 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL.....	157
4.2.4 COSTOS DE LICENCIA PARA OPERACIÓN DE REDES PRIVADAS	158
4.2.5 COSTOS ARRENDAMIENTO INFRAESTRUCTURA	158
4.2.6 PAGO PROVEEDOR (ISP)	158
4.2.7 COSTOS OPERACIÓN	159
4.2.8 COSTO TOTAL DE LA RED.....	159
4.3 TARIFA DE LOS SERVICIOS OFRECIDOS.....	160
4.3.1 TARIFA INTERNET BANDA ANCHA RESIDENCIAL	160
4.3.2 COSTO INTERNET BANDA ANCHA CORPORATIVA	161
4.3.3 FLUJO CAJA	161
4.4 INDICADORES DE RENTABILIDAD	162
4.4.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	162
4.4.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	163
4.5 FACTIBILIDAD LEGAL DEL PROYECTO	166
4.5.1 REQUISITOS PARA OBTENER EL PERMISO PARA LA EXPLOTACIÓN DE REDES PRIVADAS	166
4.5.1.1 Persona Natural	166
4.5.1.2 Persona Jurídica	166
4.5.1.3 Derechos del permiso.....	167
4.5.2 NORMATIVA PARA SISTEMAS QUE UTILIZAN TÉCNICA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA.....	168
4.5.2.1 Norma Técnica.....	169
4.5.2.2 Bandas de frecuencia	170

4.5.3 SERVICIOS INALÁMBRICOS EN EL ECUADOR	171
4.5.3.1 Propuesta de Marco Regulatorio para Sistemas con Tecnología Inalámbrica WiMAX	172
4.5.3.2 Consideraciones Legales para la red WiMAX	173

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 174

5.1 CONCLUSIONES	174
------------------------	-----

5.2 RECOMENDACIONES	180
---------------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 182

BIBLIOGRAFIA	182
--------------------	-----

INTERNET	184
----------------	-----

ANEXOS 185

ACRÓNIMOS 218

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1: Espectro Radioeléctrico</i>	4
<i>Tabla 1.2: Velocidades según la distancia y el diámetro del cable</i>	23
<i>Tabla 1.3: Variantes del Estándar 802.16 WiMAX</i>	40
<i>Tabla 2.1: Estadísticas de Servicios de Telecomunicaciones, Radiodifusión y Televisión en la Provincia de Esmeraldas mes de Febrero del Año 2010</i>	46
<i>Tabla 2.2: Estadísticas Servicios de Telecomunicaciones Urbanización PIN</i>	47
<i>Tabla 2.3: Estadísticas Servicios de Telefonía Urbanización PIN</i>	51
<i>Tabla 2.4: Estadísticas Servicios de Acceso a Internet Urbanización PIN</i>	54
<i>Tabla 2.5: Servicio de Televisión Codificada MEGAVISIÓN CABLE para la Urbanización</i>	55
<i>Tabla 2.6: Usuarios del sistema de televisión codificada y</i>	57
<i>Tabla 3.1: Tabla de direcciones para el diseño de la Red con direcciones IPs públicas</i>	113
<i>Tabla 3.2: Direccionamientos de red con IP's públicas para la Urbanización PIN</i>	113
<i>Tabla 3.3: Tabla de direcciones para el diseño de la Red con direcciones IPs privadas</i>	114
<i>Tabla 3.4: Direccionamientos de red con IP's privadas para la Urbanización PIN</i>	114
<i>Tabla 3.5: Segmentación en equipo BreezeAccess VL ubicado en estación base, cerro Gatazo</i>	116
<i>Tabla 3.6: Distribución en equipos BreezeAccess Wi2 dentro de la Urbanización PIN</i>	118
<i>Tabla 3.7: Comparación técnica equipos WiMAX para diseño de la Red de la Urbanización PIN</i>	130
<i>Tabla 3.8: Ubicación, latitud y longitud Cerro Gatazo y Urbanización PIN</i>	131
<i>Tabla 3.9: Resultados obtenidos para las pérdidas por espacio libre</i>	135
<i>Tabla 3.10: Resultados obtenidos para las pérdidas por difracción azotea a calle</i>	136
<i>Tabla 3.11: Resultados obtenidos para las pérdidas por multipantalla</i>	138
<i>Tabla 3.12: Resultados obtenidos del cálculo del presupuesto de enlace (Link Budget)</i>	139
<i>Tabla 3.13: Resultados obtenidos del cálculo del margen de desvanecimiento (Fading Margin)</i>	140
<i>Tabla 3.14: Valores para medición de Terreno y Clima</i>	142
<i>Tabla 3.15: Resultados obtenidos del cálculo de Confiabilidad del Sistema</i>	142
<i>Tabla 3.16: Resultados cálculos de cobertura entre la Estación Base y las Unidades de Suscriptor</i>	143
<i>Tabla 3.17: Resultados Cálculos de Confiabilidad para el diseño de la Red para la Urbanización PIN</i>	144
<i>Tabla 4.1: Costos referenciales de la Estación Base BreezeAccess VL</i>	156
<i>Tabla 4.2: Costos referenciales de las Unidades de Suscriptor BreezeAccess Wi2</i>	157
<i>Tabla 4.3: Costos de Infraestructura adicional para la red WiMAX de la Urbanización PIN</i>	157
<i>Tabla 4.4: Costos arrendamiento de infraestructura para la red WiMAX</i>	158
<i>Tabla 4.5: Rubros para instalación y mantenimiento de la red WiMAX</i>	159
<i>Tabla 4.6: Costo Total para la red WiMAX primer año de operación</i>	160
<i>Tabla 4.7: Precios Internet Banda Ancha Residencial</i>	160
<i>Tabla 4.8: Precios Internet Banda Ancha Corporativo</i>	161
<i>Tabla 4.9: Estimación de Ingresos para la red WiMAX por años</i>	164
<i>Tabla 4.10: Evaluación Financiera del Proyecto con una tasa de descuento del 16%</i>	165
<i>Tabla 4.11: Bandas de Frecuencia que utilizan modulación digital de Banda Ancha</i>	171

ÍNDICE DE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1.1: Propagación de las ondas terrestres</i>	6
<i>Imagen 1.2: Cuadro de Tecnologías Inalámbricas</i>	9
<i>Imagen 1.3: Modelo de Conectividad Bluetooth</i>	17
<i>Imagen 1.4: Espectro de una señal UWB comparada con el espectro de 802.11a</i>	21
<i>Imagen 1.5: Tecnología de Redes Inalámbricas</i>	21
<i>Imagen 1.6: Anchos de banda y caudales xDSL</i>	24
<i>Imagen 1.7: Evolución de transmisión módem banda vocal y xDSL</i>	24
<i>Imagen 1.8: Funcionamiento del splitter</i>	26
<i>Imagen 1.9: Multiplexación de Frecuencias DMT en ADSL</i>	27
<i>Imagen 1.10: Conexión ADSL</i>	30
<i>Imagen 1.11: Conexión ADSL2+</i>	30
<i>Imagen 1.12: Espectro de frecuencias que utiliza ADSL2+</i>	31
<i>Imagen 1.13: Efectos de la distancia entre ADSL, ADSL2 y ADSL2+</i>	31
<i>Imagen 1.14: Diagrama de Red WiMAX</i>	41
<i>Imagen 2.1: Telefonía Porcentual Urbanización PIN</i>	49
<i>Imagen 2.2: Acceso Internet Porcentual Urbanización PIN</i>	53
<i>Imagen 2.3: Televisión por cable y satelital Porcentual Urbanización PIN</i>	56
<i>Imagen 2.4: Comparativa porcentual servicios de Telefonía, Internet y Televisión Codificada de la Urbanización PIN</i>	59
<i>Imagen 3.1: Arquitectura WiMAX de extremo a extremo</i>	68
<i>Imagen 3.2: Componentes de la red WiMAX</i>	69
<i>Imagen 3.3: Unidad CPE</i>	71
<i>Imagen 3.4: Modelo de referencia WiMAX</i>	73
<i>Imagen 3.5: Modelo de referencia WiMAX</i>	79
<i>Imagen 3.6: Modelo de referencia</i>	80
<i>Imagen 3.7: Modelo de referencia WiMAX</i>	81
<i>Imagen 3.8: Frecuencia OFDM</i>	82
<i>Imagen 3.9: Frecuencia FDM</i>	82
<i>Imagen 3.10: Zona LOS de</i>	85
<i>Imagen 3.11: Modelo de propagación NLOS</i>	87
<i>Imagen 3.12: Topología Punto a Punto en Wimax</i>	88
<i>Imagen 3.13: Topología Punto Multipunto en Wimax</i>	89
<i>Imagen 3.14: Topología Punto Multipunto en Wimax</i>	91
<i>Imagen 3.15: Atribución del Espectro Radioeléctrico del Ecuador para la frecuencia 2</i>	95
<i>Imagen 3.16: Atribución del Espectro Radioeléctrico del Ecuador para la frecuencia 5</i>	96
<i>Imagen 3.17: Uso actual de los sistemas WiMAX</i>	97
<i>Imagen 3.18: Ubicación Urbanización PIN, ciudad de Esmeraldas</i>	103
<i>Imagen 3.19: Ubicación primera antena Wi2 dentro de la Urbanización PIN</i>	106
<i>Imagen 3.20: Ubicación segunda antena Wi2 dentro de la Urbanización PIN</i>	107
<i>Imagen 3.21: Ubicación tercera antena Wi2 dentro de la Urbanización PIN</i>	108
<i>Imagen 3.22: Diseño de Red de la Urbanización PIN</i>	115
<i>Imagen 3.23: Cobertura antena direccional de 60° para Estación Base ubicada en Cerro Gatazo</i>	116
<i>Imagen 3.24: Distribución de Frecuencias dentro de la Urbanización PIN</i>	117
<i>Imagen 3.25: Distribución de los puntos de acceso para evitar la interferencia Co-canal</i>	119
<i>Imagen 3.26: Canalización de frecuencias para la Urbanización PIN</i>	120
<i>Imagen 3.27: Sistema Inalámbrico de Banca Ancha PacketWave System</i>	121
<i>Imagen 3.28: Estación Base PacketWave</i>	122
<i>Imagen 3.29: Estación Base PacketWave</i>	123
<i>Imagen 3.30: Unidad de Acceso AU Alvarion</i>	124

<i>Imagen 3.31: Unidad de Suscriptor AU Alvarion.....</i>	<i>125</i>
<i>Imagen 3.32: BreezeAccess Wi2 Alvarion</i>	<i>128</i>
<i>Imagen 3.33: Ubicación equipos BreezeAccess para la Urbanización PIN.....</i>	<i>133</i>
<i>Imagen 4.1: Propuesta de soporte técnico a equipos BreezeAccess para la Urbanización PIN</i> <i>.....</i>	<i>154</i>

ABSTRACT

El presente proyecto de titulación, tienen por objeto realizar el análisis de una red inalámbrica de banda ancha para brindar el servicio de Internet a 350 usuario de la Urbanización PIN de Petroindustrial ubicada en la ciudad de Esmeraldas, puesto que en este lugar no se ha podido satisfacer la demanda de los clientes ya que sea por factores técnicos o físicos.

Es por esta razón que se planeará una solución inalámbrica para llegar a los mencionados clientes con una tecnología innovadora, rápida y menos costosa al compararse en la instalación de un sistema alámbrico.

PRESENTACIÓN

A continuación, se presenta el estudio que ha sido desarrollado en el presente proyecto de titulación.

En el capítulo I, se realiza un análisis de las tecnologías xDSL, para de este modo tener una visión sobre los parámetros que se deben cumplir durante la instalación de la red propuesta, y se evalúa la funcionalidad de una red de acceso inalámbrico WiMAX.

En el capítulo II, se realiza una evaluación de la situación actual en la que se encuentran la Urbanización PIN sobre el sistema de acceso al servicio de Internet, Telefonía y Televisión Codificada, con lo cual se determinará la necesidad real de la Urbanización y se escoge a la tecnología WiMAX

En el capítulo III, se realiza el estudio y diseño de la red inalámbrica WiMAX para brindar el servicio de acceso a Internet a los usuarios de la Urbanización, considerando todo lo anteriormente expuesto en los capítulos anteriores.

En el capítulo IV, se realiza un análisis de factibilidad técnica, económica y legal para verificar la viabilidad del proyecto propuesto para una futura implementación, considerando la adquisición de equipos e inversiones varias necesarias para la ejecución del mismo.

En el capítulo V, se realizan las respectivas conclusiones y recomendaciones del proyecto investigado, para que sean consideradas cuando el proyecto sea puesto en marcha.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES

El término inalámbrico como su nombre lo indica, hace referencia a la tecnología sin cables que permite conectar varias máquinas entre sí, brindando de esta manera servicios de datos de extremo a extremo, proporcionando comodidad y movilidad con total funcionalidad a sus usuarios.

Esta tecnología ha adquirido vital importancia debido a la fácil implementación en áreas de difícil acceso con infraestructura deficiente, presentando soluciones integradas de fácil implementación y aceptación entre los usuarios.

Las empresas modernas cuentan cada vez más con personal móvil, los cuales pasan más tiempo trabajando fuera de los lugares tradicionales haciendo uso del Internet como un potente medio de información y comunicación, el cual ha originado una gran demanda de acceso 24 horas al día, 7 días de la semana durante todo el año sin importar la ubicación.

Como la mayor parte de la productividad se da en reuniones y fuera de la mesa de trabajo, es preciso disponer de acceso flexible a una red en cualquier situación posible.

La tecnología inalámbrica está revolucionando las telecomunicaciones; los nuevos dispositivos junto con la conectividad personal, definirán un futuro sin cables, entre las ventajas de la utilización de redes inalámbricas, tenemos:

Facilidad de instalación en zonas geográficas de difícil acceso:

- Capacidad de superar obstáculos en la transmisión causados por la presencia de montañas y valles profundos, donde el costo de la instalación de cable sería prohibido y de difícil mantenimiento; y,
- Capacidad de cruzar zonas de agua tal como ríos, lagos y lagunas, donde una instalación de cable resultaría más costosa, pues se necesitaría de un trato especial sobre los conductores para evitar filtraciones de agua y daño en los revestimientos del cable.

1.1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético es la sucesión u organización continua de las posibles longitudes de onda (λ) o frecuencias (f) de la radiación Electromagnética (EM) en otras palabras, podemos decir que constituye el conjunto de ondas electromagnéticas agrupadas desde las ondas de menos longitud (rayos gamma, rayos x, rayos cósmicos), pasando por las ondas de luz (luz ultravioleta, luz visible y rayos infrarrojo), hasta llegar a las que tienen mayor longitud (ondas de radio).

Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo, aunque el espectro electromagnético es infinito y continuo.

Donde:

γ : Rayos gama

HX : Rayos X “duros” (Hard X-rays)

SX : Rayos X “blandos” (Soft-rays)

EUV : Ultravioleta lejano (Extreme Ultraviolet)

NUV : Ultravioleta cercano (Near Ultraviolet)

NIR : Infrarrojo cercano (Near InfraRed)

MIR : Infrarrojo medio (Moderate InfraRed)

FIR : Infrarrojo lejano (Far InfraRed)

EHF : Frecuencia extra alta

SHF : Frecuencia súper alta

UHF : Frecuencia ultra alta

VHF : Frecuencia muy alta

HF : Frecuencia alta

MF : Frecuencia media

LF : Frecuencia baja

VLF: Frecuencia muy baja

VF : Frecuencia de voz

ELF: Frecuencia extremadamente baja

1.1.1.1 Espectro Radioeléctrico

Actualmente el Espectro Radioeléctrico es considerado un recurso natural de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público sujeto a la gestión y control del Estado, formado por un conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de los 3000 GHz , que se propagan por el espacio sin guía artificial.

Las bandas que encontramos en esta parte del espectro son las que se muestran a continuación en la Tabla 1.1.

		f	λ	E
Rayos Gamma	γ	300 EHZ	1pm	1.24MeV
	HX	30 Ehz	10pm	1.24keV
Rayos X	SX	3 EHZ	100pm	12.4keV
	EUV	300 PHz	1nm	1.24keV
Luz Ultravioleta		30 PHz	10nm	124eV
Luz Visible		3 PHz	100nm	12.4eV
		300 THz	1 μ m	1.24eV
Infrarrojo	NIR	30 THz	10 μ m	124meV
	MIR	3 THz	100 μ m	12.4meV
	FIR	300 GHz	1mn	1.24meV
Microondas	EHF	30 GHz	1cm	124 μ eV
	SHF	3 GHz	1dm	12.4 μ eV
	UHF	300 MHz	1m	1.24 μ eV
	VHF	30 MHz	1dam	124neV
	HF	3 MHz	1hm	12.4neV
Radiofrecuencia	MF	300 KHz	1km	1.24neV
	LF	30 KHz	10km	124peV
	VLF	3 KHz	100km	12.4peV
	VF	300 Hz	1Mn	1.24peV
	ELF	30 Hz	10Mn	124feV

Tabla 1.1: Espectro Radioelctrico

La radio, la televisión, la telefonía, la difusión por cable, teléfonos móviles, redes inalámbricas, emisoras de radiodifusión, etc., son algunos de los medios que utilizan el espectro electromagnético para enviar y recibir mensajes y en general toda clase de datos o información.

El Estado puede intervenir por mandato de la Ley el acceso al espectro radioelctrico en igualdad de oportunidades, razón por la que se requiere de procedimientos a través de los cuales se otorguen, en forma transparente y

ordenada las concesiones para su uso, explotación y aprovechamiento eficiente.

El espectro radioeléctrico, debido a su comportamiento omnidireccional requiere ser regulado no sólo a nivel nacional sino también a nivel internacional.

El reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (normas y recomendaciones) es el instrumento internacional con rango de tratado multilateral que forma parte de la legislación en materia de telecomunicaciones en nuestro país.

“La planificación, administración y control de su uso corresponde al Estado a través del CONATEL, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones en los términos de la Ley de Telecomunicaciones”¹

1.1.2 PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA

Conforme una onda radioeléctrica se aleja de la estación emisora se propaga a través del aire, las características de propagación de una onda varían de acuerdo con la banda de frecuencia que se utiliza.

La parte que se radia hacia abajo, con una inclinación negativa con respecto al plano horizontal se refleja parcialmente, el resto es absorbida por la superficie terrestre constituyendo lo que se denomina Onda Terrestre.

La energía que se radiada con una inclinación positiva, se propaga a lo largo del espacio, constituyendo lo que se denomina Onda Espacial.

¹Tomado de la página: <http://www.supertel.gov.ec/>

1.1.2.1 Las ondas terrestres

Son aquellas que se propagan sobre la superficie de la Tierra o muy cerca de ella, viajan a través de la porción más baja de la atmósfera, la distancia depende de la cantidad de potencia en la señal, cuanto mayor es la potencia mayor es la distancia, la propagación de las ondas terrestres pueden ser directa o reflejada.

La onda directa tiene lugar cuando entre la antena emisora y la receptora no existe ningún obstáculo, tradicionalmente por encima de los 30 MHz, cuando más distancia exista entre el transmisor y el receptor, más altas deben estar las antenas.

La onda reflejada, llega a la antena receptora después de rebotar sobre la tierra, el mar o cualquier otro obstáculo importante, cambia de dirección formando un ángulo, igual al de incidencia del rayo, tal como lo muestra la Imagen 1.1.

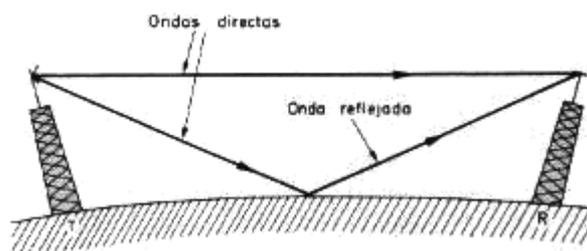


Imagen 1.1: Propagación de las ondas terrestres²

1.1.2.2 Las ondas espaciales

Las ondas espaciales corresponden a aquellas que se proyectan desde la antena hacia el firmamento sin llegar a las proximidades de la superficie, viajan a través del aire y son dirigidas al espacio.

²Tomado de la página: <http://www.monografias.com/trabajos10/coin/coin.shtml>

La propagación por el espacio utiliza como retransmisor satélites, en lugar de la refracción atmosférica, esta propagación pertenece a las bandas de frecuencia entre los 2 MHz y 30 MHz.

A su vez las ondas espaciales se pueden clasificar en dos tipos:

1. Ondas Troposféricas
2. Ondas Ionosféricas

1.1.2.2.1 Ondas Troposféricas

Como su nombre lo indica, son aquellas ondas que se propagan en la zona de la troposfera que pertenece a la atmósfera y es el segmento asignado a los radioaficionados, son escasas y esporádicas puesto que dependen de las condiciones atmosféricas, es el lugar donde se forman las nubes y en el que las ondas pueden sufrir algún tipo de modificación debido a la influencia de las capas del aire.

Por esta razón, en esta banda es frecuente el uso de antenas direccionales que aumentan tanto la ganancia de transmisión como la de recepción, las condiciones de propagación de estas ondas presentan una gran dependencia de la temperatura y de la humedad del aire contenido en la tropósfera.

1.1.2.2.2 Ondas Ionosféricas

En la Ionósfera, existe una gran cantidad de gases y el impacto que producen en los átomos los rayos cósmicos y radiaciones ultravioletas les arrancan algún electrón convirtiéndolos en iones positivos.

La Ionósfera se encuentra dividida en varias capas, situadas a diferentes distancias de la tierra, su efecto varía durante el día y afecta de diferentes formas a las diversas frecuencias que se puedan transmitir en ese momento.

La densidad hace que cada onda de radio se acelere y cambie de dirección, curvándose de nuevo hacia la tierra.

Este tipo de transmisión permite a mayor frecuencia mayor altura alcanzan las ondas, lo cual no es lo más idóneo, puesto que las primeras capas son las que más fácil reflejan las ondas y la misma onda transmitida puede ser reflejada por diferentes capas obteniendo de esta manera diferentes distancias en su refracción.

1.2 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Las tecnologías de interconexión inalámbrica van desde redes de voz y datos globales, que permiten a los usuarios estables conexiones a través de largas y cortas distancias sin la utilización de cables de interconexión entre los partícipes.

Esta tecnología ha adquirido vital importancia debido a la movilidad que proporciona a sus usuarios, es decir facilitan la comunicación entre estaciones de trabajo que se encuentran en distintos lugares, está basada en la transmisión de ondas electromagnéticas, las cuales son emitidas por antenas en todas las direcciones.

A menudo cuando las soluciones de comunicación más tradicionales no pueden aplicarse con tecnologías de cables convencionales, surge la tecnología inalámbrica para hacer realidad lo que parecería imposible, con una fácil implementación y una gran rentabilidad.

Las tecnologías inalámbricas se pueden clasificar en:

1. **WWAN**, que significa Redes de área extensa inalámbricas (Wireless Wide Area Network)
2. **WMAN**, que significa Redes de área metropolitana inalámbricas (Wireless Metropolitan Area Network)

3. **WLAN**, que significa Redes de área local inalámbrica (Wireless Local Area Network)
4. **WPAN**, que significa Redes de área personal inalámbricas (Wireless Personal Area Network)

La IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, maneja estándares para las tecnologías inalámbricas existentes tal como para las Redes de Área Amplia (WAN) el estándar propuesto es IEEE 802.20, para Redes de Área Metropolitana (MAN) el estándar propuesto es IEEE 802.16, para Redes de Área Local (LAN) el estándar propuesto es IEEE 802.11 y para redes de Área Personal (PAN) el estándar propuesto es IEEE 802.15.

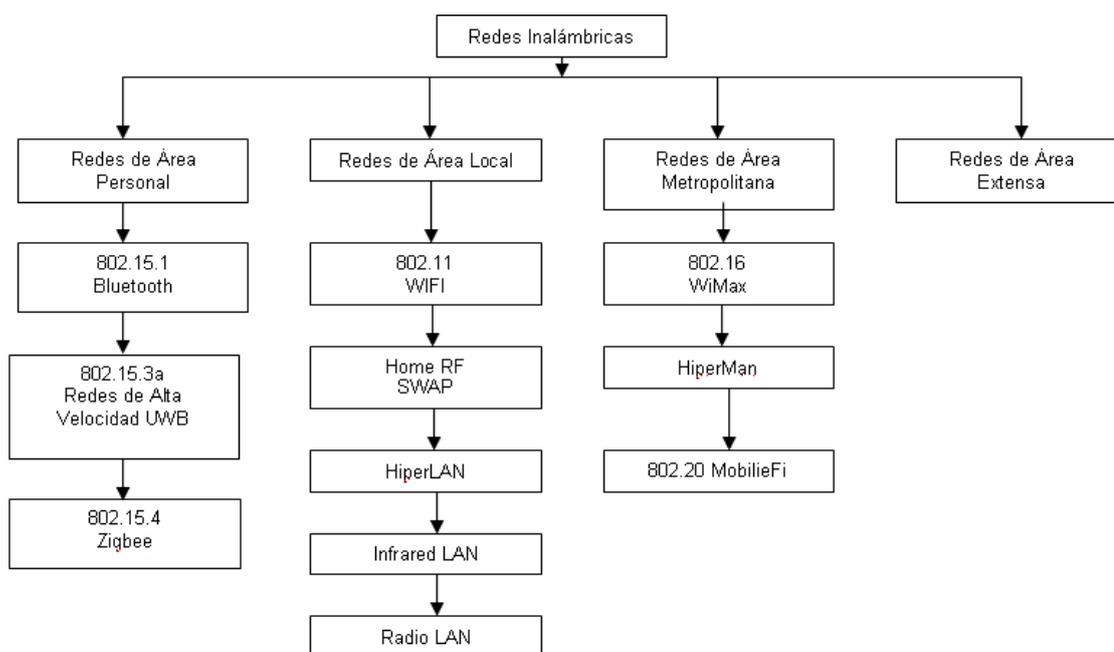


Imagen 1.2: Cuadro de Tecnologías Inalámbricas

1.2.1 REDES DE ÁREA EXTENSA INALÁMBRICAS (WWAN)

Las tecnologías WWAN, son las redes inalámbricas con más alcance en la actualidad ya que establecen conexiones inalámbricas a través de remotas públicas o privadas, para funcionar en áreas geográficas extensas como ciudades o países mediante el uso de antenas o sistemas satelitales.

Las WWAN suelen ser redes de datos de dominio público diseñadas para proporcionar cobertura en las áreas metropolitanas y en corredores de tráfico, suelen ser propiedad de proveedores de servicios de telecomunicaciones y actualmente en nuestro país se conocen como sistemas de segunda generación (2G).

Entre los sistemas 2G principales se incluyen Global System for Mobile Communications (GSM), Cellular Digital Packet Data (CDPD) y Code Division Multiple Access (CDMA), los cuales actualmente ofrecen servicios de Internet inalámbricos limitados, pero que han sido utilizados para el desarrollo de tecnología de tercera generación (3G) tecnología digital totalmente móvil que ofrecerá anchos de banda mayores, la cual mejorará significativamente la cobertura y velocidad de transmisión.

El significado de 3G fue estandarizado por el proceso IMT-200³ (Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000), este proceso no estandarizó una tecnología sino una serie de requerimientos (2 Mbps de máxima tasa de transferencia en ambientes cerrados y 384 Kbps en ambientes abiertos), hoy en día la idea de un único estándar internacional ya que se ha visto dividida en múltiples estándares bien diferenciados entre sí, tal como son:

- GSM
- UMTS
- CDMA2000

GSM (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles), se considera por su velocidad de transmisión de 9.6 Kbps como un estándar de segunda generación (2G), su extensión 3G se la conoce como UMTS.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), es la evolución de GSM a la tercera generación, utilizado para CDMA de banda ancha, provee transferencia de información de hasta 2 Mbps, en la componente terrestre tiene

³IMT 2000: Norma Mundial para 3G de comunicaciones inalámbricas, definida por un conjunto de recomendaciones de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

una estructura jerárquica compuesta por tipos de celdas: Macro Celda, Micro Celda y Pico Celda con un mínimo de 5 MHz de ancho de banda por Celda.

- **La Macro Celda**, tiene radios de desde 1 Km hasta 35 Km y se usa para ofrecer cobertura rural y para vehículos u otros objetos que se muevan a alta velocidad usando una transmisión de datos de 114 Kbps,
- **La Micro Celda**, tiene radio desde 50 metros a 1 Km que ofrece servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico (urbana), con velocidades de transmisión de datos de 384 Kbps; y,
- **La Pico Celda**, tiene radios de hasta 50 metros, las cuales ofrecen coberturas localizadas en interiores con velocidades del orden de los 2 Mbps.

CDMA2000 (Acceso Múltiple por División de Código), es una familia de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación, incluye altos controles de potencia y métodos de codificación, basada en IS - 95⁴ y protocolos ANSI – 45⁵, está pensada para ser implantada en dos fases: CDMA1x y CDMA3x.

- **CDMA1x**, utiliza una portadora de 1.25 MHz que es la misma de IS-95, proporciona una tasa de entrega de datos promedio de 144 Mbps; y,
- **CDMA3x**, llamada así porque utiliza una portadora de 3.75 MHz, o tres veces 1.25 MHz la cual ofrece mayor capacidad que CDMA1x, con una tasa de datos de 2 Mbps.

⁴IS-95: Estándar Interno 95, para telefonía móvil celular basado en tecnología CDMA

⁵ANSI-45: Instituto Nacional Americano de Estándar, utiliza este protocolo para redes CDMA

1.2.2 REDES DE ÁREA METROPOLITANA INALÁMBRICAS (WMAN)

Las tecnologías WMAN, permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas entre varias ubicaciones dentro de un área metropolitana, (por ejemplo, entre varios edificios de oficinas de una ciudad o en un campus universitario), sin el alto costo que supone una instalación de cables de fibra o cobre y el alquiler de las líneas.

WMAN, utiliza ondas de radio o luz infrarroja para transmitir datos, las redes de acceso inalámbrico de banda ancha, que proporcionan a los usuarios acceso de alta velocidad a Internet, tienen cada vez mayor demanda.

En esta categoría encontramos diferentes tecnologías tal como:

Servicio de distribución multipunto de canal múltiples (MMDS)

Es un sistema de punto-multipunto de banda ancha que opera en la banda UHF sin movilidad, las velocidades de transmisión van desde 128 Kbps a 10 Mbps, en las bandas de frecuencia de 2.1 GHz y 2.5 GHz a 2.69 GHz, teniendo un alcance de hasta 50 Km.

Servicios de distribución multipunto locales (LMDS)

Es un sistema de comunicación punto a punto y punto multipunto, inalámbrico de banda ancha que opera sobre los 20 GHz (28 – 30 – 31 GHz, LOS) que ofrece transmisión bidireccional de voz digital, datos, Internet y servicios de video en enlaces punto a punto, su alcance está entre los 5 y 8 Km.

World Interoperability for Microwave Access, (WIMAX)

Tecnología basada en el estándar IEEE 802.16 que proporciona accesos concurrentes, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base.

1.2.3 REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS (WLAN)

WLAN, es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas.

Las tecnologías WLAN, permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas dentro de un área local (por ejemplo, un edificio corporativo o campus empresarial, o un espacio público como un aeropuerto así como en el hogar para compartir el acceso a Internet entre varias computadoras), lo cual produce mayor productividad y posibilidades de servicio.

Las WLAN se pueden utilizar en oficinas temporales u otros espacios donde la instalación de extenso cableado sería algo prohibido, superando mayor número de obstáculos, llegando a atravesar paredes.

En 1997, el IEEE aprobó la norma 802.11 para las WLAN, que especifica una velocidad de transferencia de datos de 1 a 2 Mbps, en la 802.11b, los datos se transfieren a una velocidad máxima de 11 Mbps a través de una banda de frecuencia de 2.4 GHz.

Otra norma es la 802.11a, que especifica una transferencia de datos a una velocidad máxima de 54 Mbps a través de una banda de frecuencia de 5 GHz.

1.2.3.1 Tecnología de espectro ensanchado (Spread Spectrum)

El Spread Spectrum también llamado espectro ensanchado (SS), es una técnica por la cual la señal transmitida se ensancha a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias mucho más amplia que el ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información, es una técnica cada vez más popular que maximiza el uso del ancho de banda del canal, permite a múltiples señales utilizar el mismo canal sin colisiones y es altamente resistente a la interferencia y el bloqueo.

La tecnología Spread Spectrum, se utiliza en la mayoría de los sistemas de WLAN para brindar altos niveles de seguridad a los sistemas inalámbricos.

Esta tecnología ofrece dos módulos de comunicación los cuales son:

1. Frequency Hopping (FHSS), conocida como Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia
2. Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)

1.2.3.1.1 Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (FHSS)

Para interceptar una señal de FHSS, el receptor necesita sincronizarse con la sucesión de saltos de transmisor para recibir el mensaje completo, lo cual consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamado dwell⁶ time e inferior a 400 milisegundos.

Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia, de esta forma cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo.

1.2.3.1.2 Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)

Para interceptar una comunicación DSSS, el receptor debe sincronizar a un código extendido detallado, si un receptor no sincroniza con este código extendido, recibirá solo una baja amplitud de ruido.

El Espectro Ensanchado por Secuencia Directa, es una técnica de modulación que utiliza un código de pseudoruido para modular directamente una

⁶Dwell: Después de la finalización de un ciclo

portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral (es decir, el nivel de potencia en cualquier frecuencia dada).

La señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radiorreceptores les aparecerá ruido menos al que va dirigida la señal.

Proporcionando esta funcionalidad, el espectro ensanchado brinda seguridad a un sistema WLAN, que evita la interceptación de mensajes completos a los Hackers o radios tecnológicos sofisticados.

1.2.3.2 Tecnología de infrarrojos inalámbrica

Aunque los sistemas infrarrojos o también llamados (IR), no permiten construir soluciones prácticas para la implementación de redes WLAN corporativas, no se las utiliza ampliamente.

Estas bandas tienen las mismas limitaciones que la luz visible, en el sentido que no pueden penetrar objetos no transparentes como paredes, suelos y techos.

Las redes de luz infrarroja están limitadas por el espacio y casi generalmente la utilizan redes en las que las estaciones se encuentran en un solo cuarto o piso, algunas compañías que tienen sus oficinas en varios edificios realizan la comunicación colocando los receptores y emisores en las ventanas de los edificios.

1.2.3.3 Fidelidad sin Cables (Wi-Fi)

Wi-Fi es el nombre del estándar más usado para comunicaciones inalámbricas en el mundo, el cual fue desarrollado para crear redes inalámbricas de equipos

que interactúan entre sí, aunque hoy en día se relaciona más con la conexión a Internet mediante puntos de acceso.

Wi-Fi es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11, el cual es un estándar robusto, maduro y establecido que continúa creciendo y evolucionando el cual define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI que son la Capa Física y Capa de Enlace de Datos, especificando sus normas de funcionamiento en un WLAN.

Los estándares 802.11b y 802.11g de Wi-Fi, utilizan bandas de 2.4 GHz que no necesitan de permisos para su uso y pueden sufrir interferencias por parte de hornos microondas, teléfonos inalámbricos y otros equipos que utilizan la misma banda, por lo contrario el estándar 802.11a utiliza la banda 5.2 GHz el cual requiere de permisos para su uso y no es compatible con el estándar 802.11b.

Una de las desventajas que presenta Wi-Fi es la pérdida de velocidad en comparación con la conexión que utiliza cables, esto se debe a las interferencias y pérdidas de la señal presentadas en el ambiente.

1.2.4 REDES DE ÁREA PERSONAL INALÁMBRICAS (WPAN)

Las redes inalámbricas de Área Personal permiten comunicarse e intercambiar información entre ordenadores, PDA, impresoras, teléfonos móviles y otros dispositivos de un área limitada, normalmente con una distancia de hasta 10 metros a la redonda que envuelve a una persona o a un dispositivo ya sea en movimiento o no, ofrecido a los usuarios movilidad dentro de un espacio operativo personal.

Una conexión hecha a través de WPAN involucra a muy poca o nula infraestructura o conexiones directas hacia el mundo exterior.

Las WPAN con su rango de velocidad, diseñado para aplicaciones multimedia que requieren altos niveles de QoS crea una conexión que dura tanto como se la requiera, por lo que dicha conexión tiene una vida infinita, este tipo de comunicación peer – to - peer normalmente no requiere de altos índices de transmisión de datos.

Las tecnologías más utilizadas por WPAN son las conexiones por Luz Infrarroja y Bluetooth por radiofrecuencia, que funcionan en frecuencias de 2.4 GHz sin licencia.

1.2.4.1 Bluetooth (IEEE 802.15.1)

La tecnología inalámbrica Bluetooth, es un estándar global abierto para enlaces de radio, que ofrece conexiones inalámbricas económicas para transmisiones de voz y datos entre computadoras portátiles, dispositivos de mano y teléfonos celulares, mediante un enlace de radiofrecuencia.

Bluetooth define un enlace de radio de bajo potencial, optimizado para conexiones seguras de corto alcance, los radios Bluetooth que pueden ser incorporados en la mayoría de los aparatos electrónicos, ofrecen un enlace inalámbrico de comunicación universal que facilita la interoperabilidad entre dispositivos móviles.



Imagen 1.3: Modelo de Conectividad Bluetooth⁷

⁷Tomado de la página: www.ciao.es/.../OpinionId/940124

Para poder operar en todo el mundo es necesaria una banda de frecuencia abierta a cualquier sistema de radio independientemente del lugar donde nos encontremos.

Solo la banda libre ISM (Industrial científica médica internacional) de 2.4 GHz cumple con éste requisito, con rangos que van de los 2.400 MHz a los 2.500 MHz, y solo con algunas restricciones en países como Francia, Japón y España.

Debido a que la banda ISM está abierta a cualquiera, el sistema de radio Bluetooth deberá estar preparado para evitar las múltiples interferencias que se pudieran producir, estas pueden ser evitadas utilizando un sistema de salto de frecuencia FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) para minimizar interferencias y mejorar el nivel de seguridad, este sistema divide la banda de frecuencia en varios canales de salto de manera pseudos aleatoria, consiguiendo así que el ancho de banda instantáneo sea muy pequeño con una propagación efectiva sobre el total del ancho de banda, es decir que con esto se puede conseguir transceptores de banda estrecha con una gran inmunidad a las interferencias.⁸

1.2.4.2 El Estándar (IEEE 802.15.2)

La coexistencia y operación simultánea de Bluetooth y las tecnologías WLAN en la banda de los 2.4 GHz es un objetivo altamente deseable, los trabajos de investigación concluyen que ambas tecnologías presentan degradación en su desempeño cuando se las hace operar en forma conjunta.

Reconociendo la necesidad de coexistencia entre ambos sistemas de red inalámbricos el comité ejecutivo de la IEEE autorizó la creación del grupo de trabajo 802.15.2, encargado de cubrir el área de coexistencia e interoperabilidad de las dos tecnologías inalámbricas, en respuesta a dicho

⁸Tomado de la página: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/valle_i_lf/capitulo_3.html

requerimiento se han presentado varias propuestas pero hasta el día de hoy no se ha decidido adoptar ninguna en particular.

1.2.4.3 El Estándar (IEEE 802.15.3)

El estándar IEEE 802.15.3 surgió de la necesidad de formar WPAN que fueran capaces de transmitir datos de manera rápida y eficiente, lo cual para lograr esto era necesario formar un grupo de trabajo que se encargara de desarrollar las bases para implementar este estándar.

El estándar IEEE 802.15.3 se preocupó en desarrollar un estándar que fuera barato en su implementación y en sus costos de operación, por lo que este estándar es poco complejo, lo que significa que mientras más simple sean los protocolos, el formato de las tramas, la modulación, etc., de un estándar la transmisión de datos será más eficiente y más rápida.

Trabaja en la banda libre ISM de los 2.4 GHz, pero puede coexistir con las redes 802.11 en un mismo ambiente debido a que los sistemas 802.15.3 causan menos interferencias ya que ocupan un ancho de banda menor y transmisión con menos potencia.

Los rangos de velocidad de transmisión definidos por este estándar son: 11, 22, 33, 44 y 55 Mbps, con un alcance aproximado de 30 a 50 metros.

Con este estándar se puede implementar fácilmente una transferencia de alta velocidad de video digital de una cámara a un dispositivo de televisión, sistemas de teatro en casa, conexiones con PC a un proyector, de igual manera se puede hacer transferencias de datos de alta velocidad para conectar reproductores mp3, impresoras, scanners, cámaras digitales, etc., a una computadora.

1.2.4.4 El Estándar (IEEE 802.15.3a o UWB)

Los dispositivos electrónicos, aumentan cada vez más sus capacidades de procesamiento y almacenamiento conforme avanza la tecnología, muchos GHz de ancho de banda han sido utilizados para ser trabajados sin licencia para redes inalámbricas de área personal como lo son las WPAN y esto es a lo que se conoce como UWB (Ultra Wideband) o banda ultra ancha.

Esta tecnología tiene el potencial de proporcionar altas velocidades de conexión para el hogar, el uso de UWB bajo la supervisión de la FCC ofrece capacidades de gran potencial como Gbps sobre pequeñas distancias menores a 10 metros con baja potencia de radiación.

Las reglas de la FCC permiten a los dispositivos UWB operar en potencias bajas, un EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) de menos 41.3 dBm/MHz, en un espectro libre de 3.1 a 10.6 GHz, con máscaras de emisión fuera de banda que tienen niveles de energía muy bajos, los límites de las emisiones bajas en banda y fuera de banda, tienen el objeto de asegurar que los dispositivos que trabajan con UWB no causen interferencia destructiva con servicios licitados y otras operaciones importantes de radio, entre las que se encuentran las telefonías celulares así como frecuencias satelitales y canales de radio terrestres.⁹

A continuación se muestra en la Imagen 1.4 lo descrito anteriormente.

⁹Tomado de la página:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo5.pdf

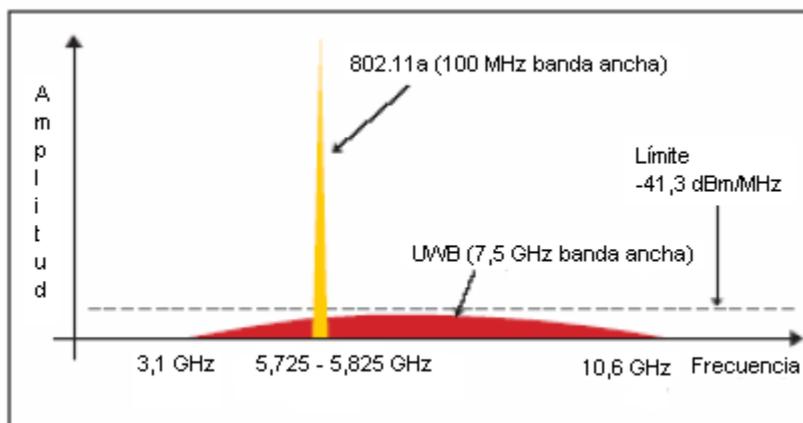


Imagen 1.4: Espectro de una señal UWB comparada con el espectro de 802.11a

1.2.4.5 El Estándar (IEEE 802.15.4 o ZigBee)

El estándar IEEE 802.15.4 o también conocida como ZigBee, desarrolla soluciones que requieren una baja transmisión de datos, flexibilidad en la red, bajo costo y consumo de energía utiliza velocidades de transmisión de 20 Kbps y 250 Kbps en las bandas de 2.4 GHz y 819 – 915 MHz con un alcance de 10 metros.

A continuación en la Imagen 1.5 se muestra de forma gráfica la ubicación y estándares de las diversas tecnologías inalámbricas existentes.

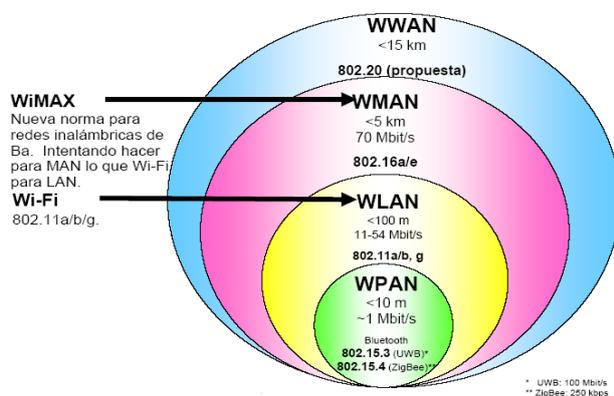


Imagen 1.5: Tecnología de Redes Inalámbricas¹⁰

¹⁰Tomado de la página: <http://yolvi.wordpress.com/2009/05/>

1.3 TECNOLOGÍAS XDSL

Bajo el nombre xDSL (Any Digital Subscriber Line - Línea Digital de Abonado), se definen una serie de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red.

Son unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico y un enlace totalmente dedicado ofreciendo servicios de banda ancha en diversas aplicaciones tales como un rápido acceso a Internet, videoconferencias, sistemas de Redes Privadas Virtuales (VPN), video bajo demanda, voz sobre DSL (VoDSL), SOHO (oficinas en casa), servicios de salud a través de teleconferencias, servicios interactivos y servicios educativos a distancia, aprovechando los pares de cobre existentes.

xDSL es una tecnología en la que se necesita un dispositivo módem xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre, que acepte flujo de datos en formato digital y lo superponga a una señal analógica de alta velocidad, que dependerá de la clase de xDSL utilizado: ADSL, RADSL, VDSL, IDSL, SDSL, HDSL, SHDSL

La tecnología xDSL soporta formatos y tasas de transmisión especificados por los estándares, como lo son T1 (1.544 Mbps) y el E1 (2.048 Mbps), y es lo suficientemente flexible como para soportar tasas y formatos adicionales, como por ejemplo, 6 Mbps asimétricos para la transmisión de alta velocidad de datos y video.¹¹

Esta tecnología ofrece servicios de banda ancha sobre conexiones que no superen los 6 Km de distancia entre la central telefónica y el lugar de conexión

¹¹Tomado de la página: http://www.teledata-networks.com/data/SIP_STORAGE/files/3/223.pdf

del abonado, dependiendo de la velocidad alcanzada, calidad de las líneas, distancia y calibre del cable.

A continuación en la Tabla 1.2 se puede visualizar las velocidades según las distancias y diámetro del cable.

Tipo de DSL	Download	Upload	Distancia	Diámetro del cable: [mm]
ADSL (Asymmetrical)	1.5 - 8 Mbps	16 Kbps a 640 Kbps	2.7 - 5.5 Km	0.4
UDSL (a.k.a G.lite, DSL lite)	1.5 Mbps	384 Kbps	3.6 - 5.5 Km	0.5
RADSL (Rate Adaptive)	Variable hasta 7 Mbps	Variable hasta 640 Kbps	5.5 - 7.6 Km	0.5
VDSL (Very High Bit Rate)	26 Mbps a 52 Mbps	3 Mbps a 6 Mbps	300 - 900 m	0.4
ISDL (ISDN over DSL)	144 Kbps	144 Kbps	5.5 Km (mayor distancia con repetidora)	0.5
SDSL (Symmetrical)	144 Kbps a 2 Mbps	144 Kbps a 2 Mbps	3.5 a 6.7 Km	0.5
HDSL (High Bit Rate)	1.544 Mbps	1.544 Mbps	3.6 Km sobre 2 pares	0.5
HDSL (High Bit Rate)	2.048 Mbps	2.048 Mbps	3.6 Km sobre 3 pares de cobre	0.5
HDSL2	1.544 Mbps	1.544 Mbps	3.6 Km sobre 1 par de cobre	0.5
SHDSL (Single par HDSL)	192 Kbps a 2.312 Mbps	192 Kbps a 2.312 Mbps	3000 - 9000 a máxima velocidad	0.5

Tabla 1.2: Velocidades según la distancia y el diámetro del cable

En la Imagen 1.6 se muestran los anchos de banda que cada tecnología xDSL requiere transmitir por el par de cobre, así como los regímenes binarios de cada una de ellas.

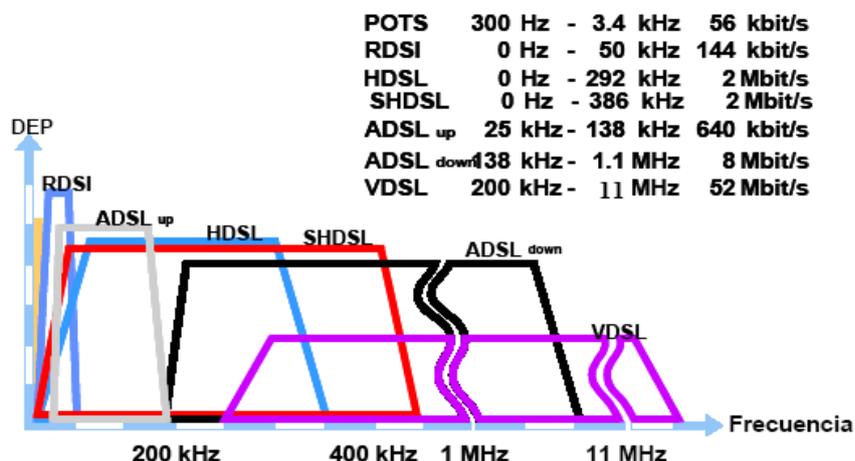


Imagen 1.6: Anchos de banda y caudales xDSL¹²

En la Imagen 1.7 se muestra la evolución de las velocidades obtenidas por las técnicas xDSL, en los últimos años, en comparación con el crecimiento de las velocidades de los módem en banda vocal (300 – 3400 Hz).

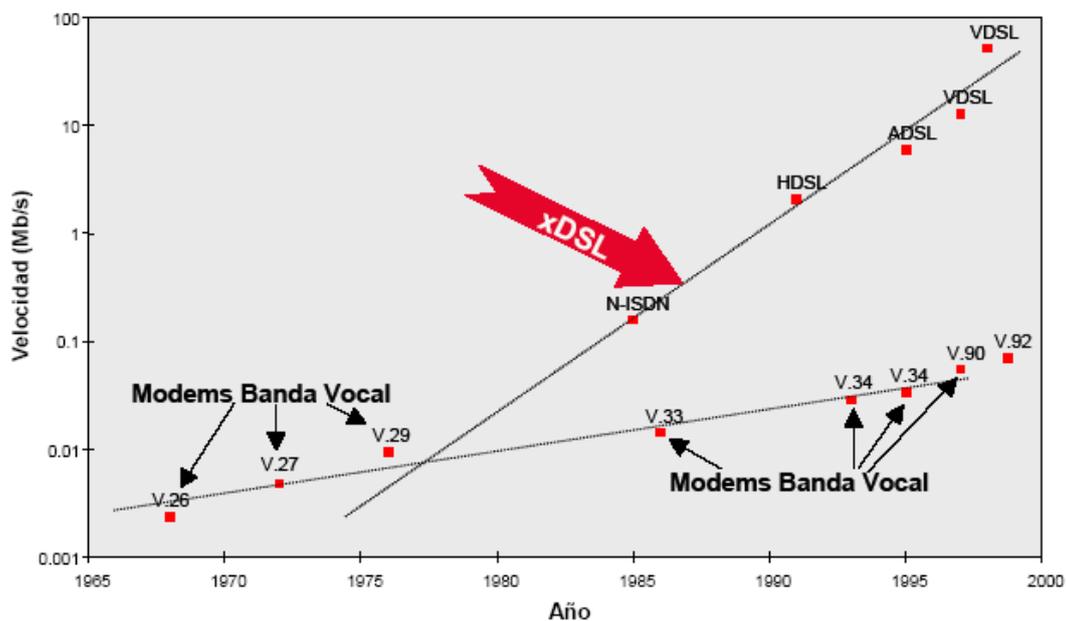


Imagen 1.7: Evolución de transmisión módem banda vocal y xDSL¹³

¹²Tomado de la página: <http://www.mundointernet.es/IMG/pdf/ponencia126.pdf>

¹³Tomado de la página: <http://www.mundointernet.es/IMG/pdf/ponencia126.pdf>

1.3.1 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

El ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), es una tecnología de banda ancha que permite que el ordenador reciba datos a una velocidad elevada, todo ello a través de la línea de teléfono convencional mediante la modulación de la señal de datos utilizada por el computador, es decir ofrece al usuario un servicio de transmisión de datos de alta velocidad a un precio asequible.

Una de las características del ADSL, que ha contribuido a la utilización de esta tecnología al uso de Internet ha sido que se trata de un sistema asimétrico, es decir se obtiene un caudal de datos superior en un sentido de la transmisión.

En una conexión a Internet normalmente la velocidad de transmisión de bajada (Internet - Host) suele ser mayor que la de subida (Host - Internet), se consigue velocidades de 2 Mbps a 8 Mbps en sentido descendente y en sentido ascendente la velocidad puede oscilar entre 200 Kbps y 1 Mbps.

El ADSL es una técnica de modulación de la señal que permite una transmisión de datos a gran velocidad a través de un par de hilos de cobre (conexión telefónica).

La capacidad máxima de ADSL depende de la distancia y de la calidad del cable utilizado en el bucle de abonado (grosor y número de empalmes).

La conexión ADSL es una conexión asimétrica, con lo que los módems situados en la central y en hogares de usuarios son diferentes, la asimetría de ADSL resulta muy adecuada en el caso de un usuario residencial cuya finalidad es navegar por Internet, puesto que en sentido descendente se transmite mayor información que en sentido ascendente; sin embargo la asimetría es perjudicial cuando se desea videoconferencia, que genera caudales simétricos.

Para la transmisión de datos ADSL se utiliza frecuencias en el rango de 30 KHz a 1100 KHz, aproximadamente, para evitar problemas producidos por ecos y

reducir el crosstalk¹⁴ se utiliza un rango de frecuencias diferentes para el sentido ascendente y descendente.

El uso del splitter (derivador), tal y como lo muestra la Imagen 1.8, se lo coloca delante de los modems del usuario y de la central local; está formado por dos filtros, uno paso bajo y otro paso alto cuya finalidad es la separar las señales transmitidas por el canal en señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (telefónicas).

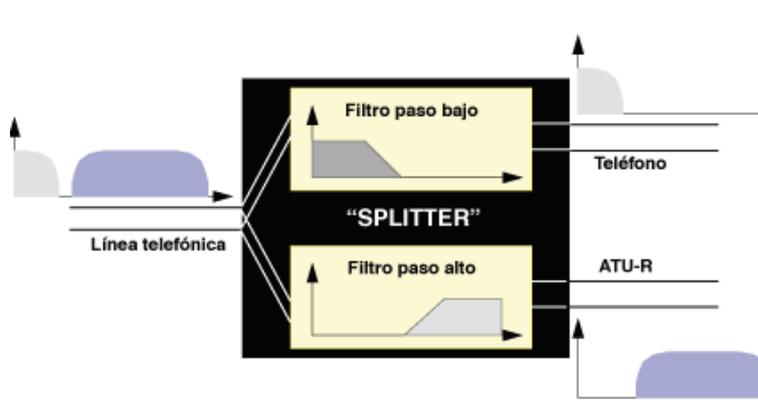


Imagen 1.8: Funcionamiento del splitter¹⁵

El comportamiento del cable de pares es poco lineal, puesto que a mayor frecuencia se produce mayor atenuación, además si se produce una interferencia a una frecuencia determinada perjudica la calidad de todo el canal, la atenuación es mucho mayor a 1100 KHz que a 30 KHz.

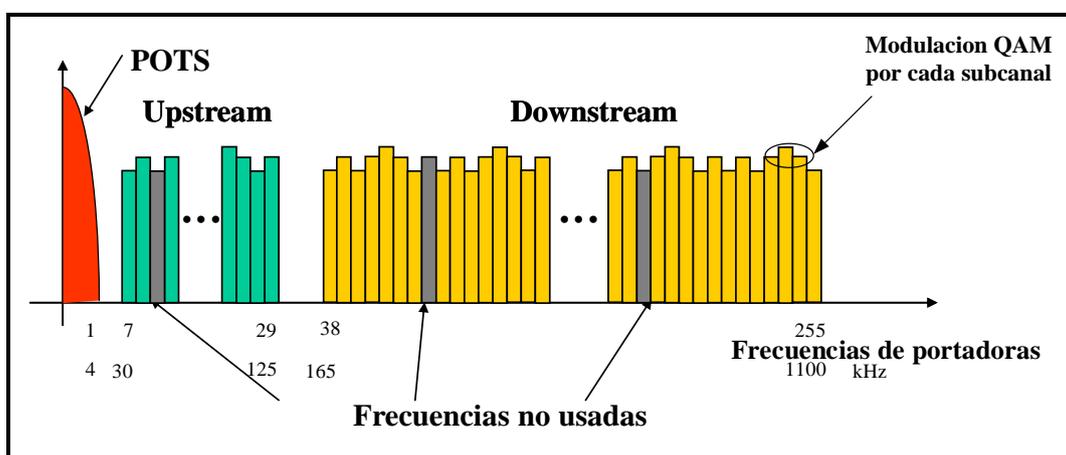
Para evitar estos problemas se ha desarrollado una técnica conocida como DMT (Discrete Multi Tone), Modulación por Multitonos Discreto, el cual usa varias portadoras en lugar de una sola que es lo que hace la modulación vocal, divide la gama de frecuencias en 256 sub-canales llamados sub-portadoras o también conocidos como bins, los cuales ADSL maneja en forma independiente.

¹⁴Crosstalk: Ruido o interferencia que fluye entre los cables de comunicación o dispositivos

¹⁵Tomado de la página: <http://pdf-splitter.softonic.com/>

Las sub-portadoras tienen una anchura de 4.3124 KHz y se numeran de 0 a 255. Las sub-portadoras 0 a 5 (0 - 26 KHz) se reservan para el teléfono analógico, del 6 al 32 (26 – 142 KHz) se utilizan para el sentido ascendente y de 39 a 255 (168 – 1104 KHz) se utiliza para el tráfico ascendente.

El crosstalk es mayor en sentido ascendente que en el descendente y es mayor cuando mayor es la frecuencia, la potencia y número de bits de cada una de las portadoras se ajusta, dependiendo de la atenuación y el ruido existente en la banda que ocupa, en cuanto a la modulación utilizada para la transmisión de datos es la modulación QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura).



*Imagen 1.9: Multiplexación de Frecuencias DMT en ADSL*¹⁶

DMT es la técnica de modulación más extendida en ADSL, pero no es la única, existe otra técnica conocida como CAP (Carrierless Amplitude Phase), la cual realiza un reparto similar del rango de frecuencias pero sin dividir el canal ascendente y descendente en sub-portadoras como lo hace DMT, y por esta razón CAP tiene un rendimiento menor al cual se debe aplicar técnicas de equalización adaptivas muy complejas para intentar corregir los problemas debidos a defectos en el bucle del abonado.

¹⁶Tomado de la página:

http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/Comunicaciones/Presentaciones_Proyector/Multiplexacion.pdf

Se puede decir que CAP es una técnica menos robusta y eficiente que DMT, además CAP no está estandarizada mientras DMT es un estándar ITU-T.

Una de las ventajas más notables de la tecnología ADSL es su grado de normalización y su interoperabilidad, la modulación DMT ha sido elegida por el comité ANSI T1 como el estándar a utilizar en las comunicaciones en un sistema de transmisión a través de ADSL, debido a su habilidad para superar la fuerte distorsión producida en el par de hilos de cobre al operar en esas frecuencias.

Además, la DMT supera también el ruido y las interferencias que se producen típicamente en el par de hilos en un entorno residencial.

1.3.1.1 ADSL2 y ADSL2 +

ADSL2 y ADSL2+ son unas tecnologías preparadas para ofrecer tasas de transferencia sensiblemente mayores que las proporcionadas por ADSL convencional, haciendo uso de la misma infraestructura telefónica basada en cables de cobre, con capacidad para brindar televisión y video de alta calidad por el par telefónico.

1.3.1.1.1 ADSL2

ADSL2 hace que se obtenga una mayor velocidad de transferencia e interoperabilidad, en prestaciones de alcance / velocidad, lo cual se refiere a la optimización en el uso de los buffers encargados de almacenar tramas en caso de congestión.

ADSL2 aprovecha el espacio no usado en los buffers para conseguir un aumento de hasta 50 Kbps en la velocidad de bajada, posibilidad de usar todo el espectro para el transporte de la señal digital, desde 0 Hz (All digital mode, en aquellas aplicaciones en que no se requiera servicio telefónico simultáneo),

permite hacer uso del ancho de banda reservado para telefonía empleándolos para la transmisión de datos obteniendo 256 Kbps más en velocidad de subida.

Adicionalmente presenta la posibilidad de usar varios pares simultáneamente: 32 Mbps sobre 4 pares, 24 Mbps sobre 3 pares, 16 Mbps sobre 2 pares (Inverse Multiplex bonding) y una capa de convergencia para transportar directamente Ethernet sobre ADSL, ADSL2 es capaz de dar cobertura a bucles más largos que los posibles en ADSL a partir de los 4 Km.

1.3.1.1.2 ADSL2+

ADSL2+ es una evolución del sistema ADSL y ADSL2 basado en la recomendación de la ITU-T G.992.5, que se basa en un aumento del espectro frecuencial, la principal diferencia es que duplica el ancho de banda utilizado de 1.1 MHz a 2.2 MHz lo que le permite alcanzar una velocidad teórica de 24 Mbps.

El ADSL2+ añade más características y funcionalidades encaminadas a mejorar las prestaciones y la interoperabilidad.

Como ya hemos comentado el ADSL es una técnica de modulación que permite alcanzar transmisiones de datos a gran velocidad, la principal diferencia con los módems de banda vocal (V.32 y V.90) es que estos trabajan en las frecuencias telefónicas (300 – 3400 Hz) y el ADSL utiliza un margen más amplio (24 – 1104 KHz), de esta forma una de las ventajas de ADSL es la posibilidad de hablar y navegar al mismo tiempo.

Como se muestra en la Imagen 1.10, en la parte del usuario tenemos a ATU-R o ADSL (Modem), y delante el splitter que es un dispositivo con dos filtros, uno pasa alta y otro pasa baja, el splitter recibe una señal y la separa en 2, una de las cuales es la señal del teléfono convencional (frecuencias bajas) y la otra es la señal de datos (frecuencias altas).

ADSL2+ trabaja de igual forma que ADSL, solo que necesita otro terminal que trabaje con frecuencias más altas.

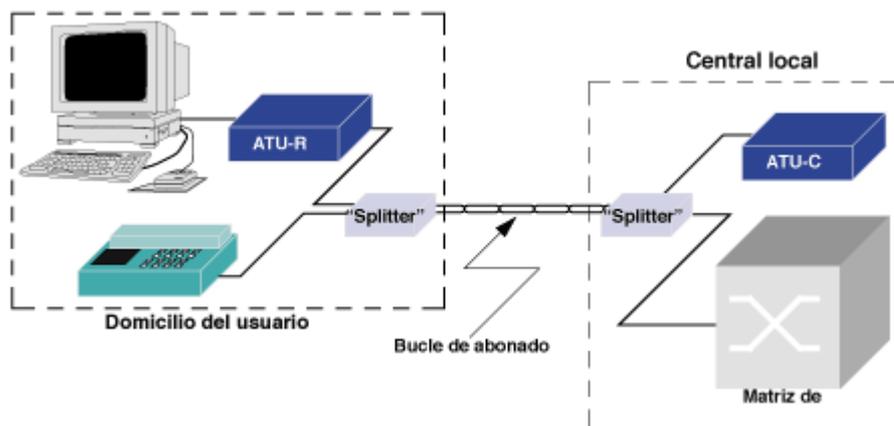


Imagen 1.10: Conexión ADSL¹⁷

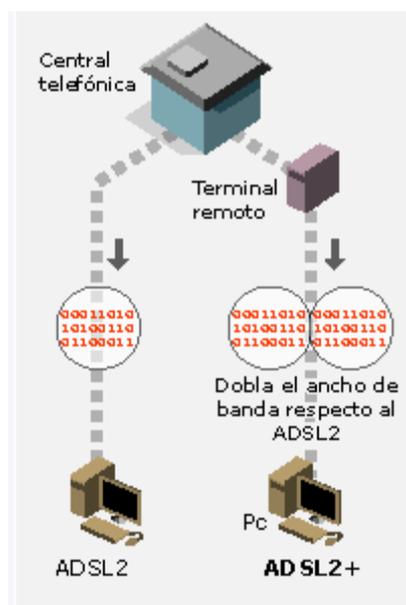


Imagen 1.11: Conexión ADSL2+¹⁸

ADSL2+, utiliza el doble del ancho de banda propuesto para ADSL logrando mayor velocidad en la transferencia de datos, hasta 24 Mbps con una distancia no mayor a los 2 Km.

¹⁷Tomado de la página: http://usuarios.pntic.mec.es/pdf/tipo_conex.pdf

¹⁸Tomado de la página: http://usuarios.pntic.mec.es/pdf/tipo_conex.pdf

El ruido afecta de manera más visible a ADSL2+ al utilizar la parte más alta del espectro.

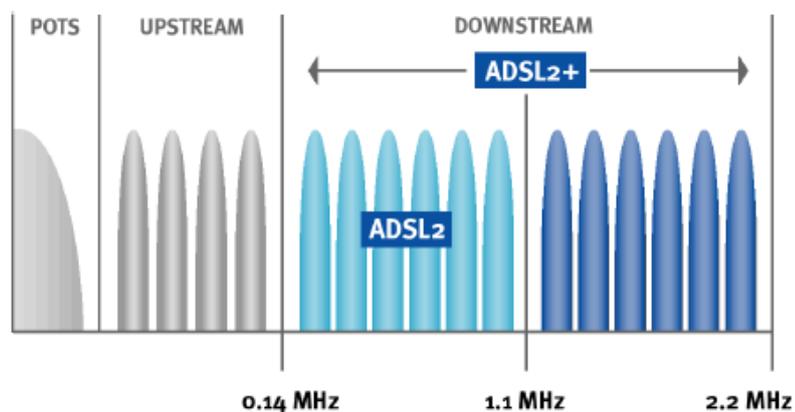


Imagen 1.12: Espectro de frecuencias que utiliza ADSL2+¹⁹

Esto se debe puesto que la parte superior del espectro que utiliza ADSL2+ es más vulnerable a la diafonía y a la atenuación, por lo tanto al aumentar la distancia el ruido por diafonía y atenuación son mayores.

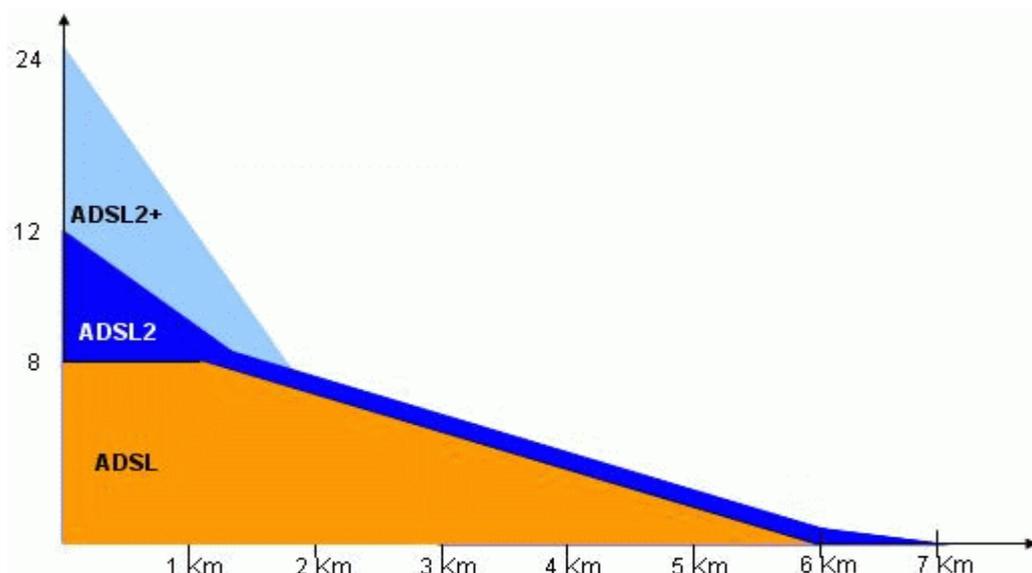


Imagen 1.13: Efectos de la distancia entre ADSL, ADSL2 y ADSL2+²⁰

¹⁹Tomado de la página: http://usuarios.pntic.mec.es/pdf/tipo_conex.pdf

²⁰Tomado de la página: <http://www.promax.es/downloads/products/esp/IC-124.pdf>

Como podemos observar en la Imagen 1.13, cuando la distancia supera casi el kilómetro, se empieza a notar la bajada de velocidad hasta que a partir de los 2 Km, ADSL2+ es igual a ADSL2 y ADSL.

1.3.2 ADSL G.Lite (UDSL)

ADSL G.Lite conocido como splitterless, es esencialmente un ADSL más lento que no requiere del splitter en el lado del abonado, pero se mantiene el del lado de la central telefónica ya que su instalación no requiere el desplazamiento del técnico.

ADSL G.Lite obtiene rendimientos típicos máximos de 1.5 Mbps en sentido descendente y de 200 Kbps en ascendente, obteniendo de esta manera la simplificación en la instalación de la red del abonado y la reducción de los costos para las compañías y abonados.

Para reducir la interferencia producida entre el teléfono y el módem ADSL como consecuencia de la supresión del splitter se toma las siguientes medidas:

- Se reduce la frecuencia máxima del canal descendente, se utiliza modulación DMT en ADSL G.Lite el número total de sub-portadoras se reduce a la mitad, teniendo una frecuencia máxima de 552 KHz, esto reduce la interferencia producida en el teléfono a costa de reducir la capacidad en el canal descendente,
- Se integra en el módem ADSL un filtro de bajas frecuencias para evitar que el módem ADSL sufra las interferencias producidas por el teléfono, desde el punto de vista del módem ADSL el comportamiento es equivalente a cuando había un splitter; y,
- Se utiliza modulaciones menos eficientes, para compensar la mayor cantidad de ruido, mientras que en ADSL normal (con splitter) pueden

llegar a transmitirse 16 bits por símbolo, en ADSL G.Lite el máximo que se utiliza es de 8 bits por símbolo.

ADSL G. Lite, también es conocido como ADSL Universal, el cual permite comunicaciones digitales a bajas velocidades constantes sobre líneas telefónicas estándar de cobre.

A pesar que esto se basa en la misma tecnología básica que ADSL clásico, no requiere un splitter instalado en la línea del usuario, el cual simplemente debe conectar el modem G. Lite del mismo modo que cualquier otro modem luego de haberse registrado en el servicio.

A diferencia del ADSL común, el G.Lite funciona como DLC (Digital Loop Carrier), portadora de bucle digital, es un equipo que agrupa varias señales de líneas telefónicas individuales en una misma señal digital multiplexada, la infraestructura del loop local conecta a los usuarios ubicados a más de 18.000 pies de la oficina central.

1.3.3 RADSL (Rate adaptative ADSL)

Es una tecnología de ADSL, que tiene la particularidad de adaptar la velocidad de transmisión de datos sobre la línea telefónica donde se encuentra instalado el servicio ADSL por medio de software.

RADSL puede verse como una versión inteligente no estandarizada de ADSL, esta es una característica muy importante porque la calidad de las líneas telefónicas varían ampliamente dependiendo de la antigüedad, las técnicas de instalación, así como una variedad de factores.

Los módems RADSL además de negociar la velocidad inicial de conexión en función de la calidad de la línea la revisan regularmente y ajustan la velocidad en más o en menos de acuerdo con la calidad de ésta, la principal diferencia entre ADSL y RADSL es precisamente esta capacidad de adaptación a las

condiciones de la línea, que en el caso de ADSL, sólo es posible al momento de inicializar el módem ADSL (en el establecimiento del enlace), mientras que en el caso de RADSL, la adaptación se realiza automáticamente cuando el enlace ha sido establecido.

1.3.4 GigaADSL

Es un servicio mayorista de agregación y transporte de flujos ADSL, red de acceso de banda ancha ATM, permite a operadores, empresas e ISP's el acceso indirecto al bucle de abonado del usuario final, permitiendo de esta forma a los operadores autorizados, ofrecer servicios de conectividad a redes de diferentes tipos (tales como redes IP o ATM).

El acceso al bucle de abonado, se realiza mediante el establecimiento de conexiones ATM entre el domicilio del usuario y un punto de interconexión o PAI (Punto de Acceso Indirecto), donde se concentra todo el tráfico correspondiente a los usuarios finales asociados a un operador.

Este es un servicio con splitter que admite tres modalidades, Básica, Class y Premium, con caudales descendente / ascendente de 256 / 128, 512 / 256 y 2000 / 300 Kbps, respectivamente.

Para contratar el servicio es preciso encontrarse en una zona con cobertura, los usuarios finales no son clientes directos del servicio Giga ADSL, puesto que posibilita a operadores y proveedores de servicios de Internet hacer llegar sus propios servicios de acceso a información basados en ADSL a los usuarios finales (hogares y empresas).

1.3.5 VDSL (Very high data rate Digital Subscriber Line)

Se trata de una tecnología de acceso a Internet de Banda Ancha para pares de cobre trenzado, VDSL es una evolución de ADSL, en cierto modo podemos

considerar a VDSL como un ADSL de capacidad mayor y técnicamente más sencillo y mejorado para distancias menores a 1.5 Km de cable calibre 24.

Esta tecnología ofrece la posibilidad de transmitir datos a una velocidad máxima de bajada que oscila entre:

- 51.84 y 55.2 Mbps, para distancias de 300 metros,
- 25.92 y 27.6 Mbps para distancias de 1000 metros; y,
- 12.96 a 13.8 Mbps para distancias de 1500 metros.

En el sentido ascendente ofrece la posibilidad de transmitir de las siguientes maneras:

- Un servicio fuerte asimétrico con un caudal sensiblemente inferior, de 1.6 a 2.3 Mbps,
- Un servicio de 19.2 Mbps; y,
- Un servicio completamente simétrico 26 Mbps.

Estos valores son pensados en condiciones ideales sin resistencia de los pares de cobre y con una distancia nula a la central.

Se denomina tecnología de última milla, debido a que se lo utiliza para las interconexiones de último tramo de hilo de cobre entre una estación de conmutación telefónica y un hogar u oficina que llega hasta el abonado, requiriendo la implantación de nodos de distribución muy cerca de las viviendas.

Estos nodos necesitan una conexión con la central por fibra óptica lo cual ha dado lugar a redes llamadas FTTC (Fibre To The Curb o Fibra hasta la acera),

FTTB (Fibre To The Building o Fibra hasta el edificio), FTTN (Fibre To The Neighborhood o Fibra hasta el vecindario).²¹

1.3.5.1 VDSL2

VDSL segunda generación, es la línea digital de abonado de muy alta tasa de transferencia, la Recomendación de ITU-T G.993.2 especifica los perfiles que direccionan un rango de aplicaciones con velocidades de hasta 100 Mbps, tanto en sentido ascendente como descendente de hasta 100 metros de largo.

A mayor distancia la señal se distorsionaría, pero la solución consiste en situar nodos entre ambos puntos para reducir la longitud de línea, hasta el nodo se instala fibra óptica mientras que hasta el abonado sigue llegando el cobre.

Con una operación asimétrica se tiene un rango de velocidades de transmisión de bajada de 10 a 40 Mbps para distancias de 1 a 3 Km utilizando un ancho de banda de 8.5 MHz.

1.3.5.2 HDSL (High speed Digital Subscriber Line)

HDSL, Línea Digital de Abonado de Alta Velocidad, es una tecnología simétrica y bidireccional, provee el mismo ancho de banda en los dos sentidos lo que quiere decir que transmite una igual cantidad de tráfico de bits por medio de líneas privadas desde la central al usuario y viceversa.

Es una tecnología que permite aprovechar los pares de cobre que forman la planta externa telefónica, para la transmisión de señales digitales con velocidades de hasta 2.048 Mbps, se basa en un código de línea orientado a obtener más distancia de cable de cobre sin repetidores, a diferencia de T1, que usa un par de alambre para transmitir y un par para recibir a 1.544 Mbps

²¹Tomado de la página: http://www.teledata-networks.com/data/SIP_STORAGE/files/3/223.pdf

(half duplex), empleaba frecuencias tan elevadas lo cual producía diafonía en los pares vecinos, la solución a este problema era HDSL.

HDSL, emplea dos pares de cada uno operando en modo (full duplex), emplea técnicas de codificación complejas que permiten colocar más bits por baudio, reduciendo así de forma sensible la frecuencia máxima utilizada y con ello la diafonía en pares vecinos, el alcance de la transmisión depende en la medida del alambre de cobre desplegado.

HDSL, es la tecnología utilizada actualmente por las compañías telefónicas para instalar líneas T1 1.544 Mbps y E1 2.048 Mbps, no resulta viable para instalaciones residenciales debido a que se utilizaría dos o tres pares de hilos para repartir la señal, lo cual indica volver a cablear la red.

No es compatible con el teléfono debido a que no reserva la zona de bajas frecuencias para la voz y además es un servicio simétrico, ya que utiliza el mismo rango de frecuencia en cada sentido y resulta más sensible a la diafonía.

1.3.5.3 SHDSL (Symetric High speed Digital Subscriber Line)

SHDSL, Línea digital de abonado de un solo par de alta velocidad, es un nuevo estándar que fue desarrollado como mejora del HDSL, está diseñada para transportar datos de alta velocidad simétricamente, sobre uno o dos pares de cobre.

Sobre un par se obtienen velocidades de 192 Kbps hasta 2.3 Mbps (con incrementos de velocidad de 8 Kbps).

Sobre dos pares se obtienen velocidades de 384 Kbps hasta 4.6 Mbps (con incrementos de velocidad de 16 Kbps).

El código de línea utilizado es TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation), es una técnica de modulación más avanzada, proporciona una plataforma robusta sobre una gran variedad de tipos de bucle y las condiciones externas que puedan alternar la señal, utiliza 16 niveles en línea (4B₁H).

Mientras las aplicaciones de HDSL se limitan a transportar servicios de Multiplexación por División de Tiempo (TDM), desde el principio, el SHDSL está siendo utilizado para transportar cargas tanto TDM como ATM.²²

1.3.6 CDSL (DSL del Consumidor)

Consumer Digital Subscriber Line, es una variante de ADSL y RADSL, utiliza un único par de hilos y no requiere de splitter para separar la voz de los datos en los hogares de los usuarios, pero limita la velocidad y distancia.

CDSL es más lento que ADSL y ofrece velocidades en sentido descendente de alrededor 1 Mbps y de 128 Kbps en sentido ascendente.

1.3.7 IDSL (ISDN Digital Subscriber Line)

IDSL, es relativamente lento y caro pero está disponible cuando otras formas de DSL, como ADSL lo no está.

Permite el uso de las tecnologías de tarjetas RDSI²³, para el uso exclusivo de datos, IDSL transmite la información de manera simétrica (en ambos sentidos), a 128 Kbps por un cable telefónico (cable telefónico de par trenzado) desde el hogar del usuario hasta el destino usando transmisión digital, pasando por la central telefónica, que trabaja con señales analógicas y alcanza una distancia máxima de 5.5 Km.

²²Tomado de la página: <http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/SHDSL.doc>

²³RDSI: Red Digital de Sistemas Integrados, utilizado para la transmisión digital de cualquier tipo de información

1.4 WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS (WiMAX)

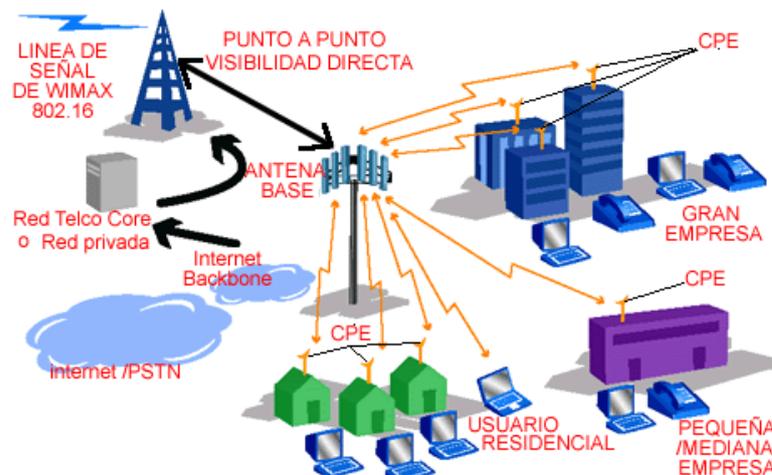
WiMAX, (Worldwide Interoperability for Microwave Access), Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, es un estándar de transmisión inalámbrica de datos para el estándar IEEE 802.16 (WMAN), creada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

WiMAX proporciona accesos concurrentes de última milla en la Red de Área Metropolitana (WMAN), con un desempeño mejor al que actualmente ofrecen los servicios tradicionales de cable, permitiendo una conexión a velocidades de hasta 70 Mbps en distancias de 50 y 70 Km, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base, esta nueva tecnología es compatible con la tecnología Wi-Fi (IEEE 802.11), brinda la posibilidad de operar en bandas licenciadas y no licenciadas permitiendo el desarrollo de aplicaciones a nivel mundial, además de permitir el acceso fijo: punto a punto y punto a multipunto, así como móvil.

Versiones de WiMAX	Rango de Frecuencia	Banda de Frecuencia	Cobertura Máxima	Estado
802.16	10-66 GHz	Redes Inalámbricas de Área Metropolitana	5 Km	Obsoleta
802.16^a	2-11 GHz	Redes Inalámbricas de Área Metropolitana	50Km	Obsoleta
802.16b	5-6 GHz	Interoperabilidad y especificación de certificaciones	No definido	Obsoleta
802.16c	10-66 GHz	Redes Inalámbricas de Área Metropolitana	Crea perfiles de sistemas con línea de vista – Los	Obsoleta
802.16d	2-11 GHz	Revisión que integra las normas 802.16, 802.16a y 802.16b	Mejoras variadas al IEEE 802.16 ^a	Activa
802.16e	2-6 GHz (Bandas licenciadas)	Redes Inalámbricas de Área Metropolitana para clientes móviles	5 Km	Aprobada
802.16f	*****	Posibilidad de uso de una Red Inalámbrica de Área Metropolitana tejida en malla	50km	No Ratificada
802.16g	*****	Mejoramiento del QoS	50Km	No Ratificada

Tabla 1.3: Variantes del Estándar 802.16 WiMAX

En la Imagen 1.14 se muestra de manera gráfica, como la red WiMAX ofrece movilidad para sus clientes.



*Imagen 1.14: Diagrama de Red WiMAX*²⁴

WiMAX podría solventar la carencia de acceso de banda ancha en última milla en una red de Área Metropolitana (MAN) con prestaciones comparables a otras tecnologías con soporte medio (físico), así como áreas suburbanas y rurales que carecen de los servicios ofertados por compañías de teléfonos y cables debido a la dificultad de acceso a las mismas.

Las tecnologías radio de banda ancha constituyen una alternativa de conectividad física para la extensión de las redes de telecomunicaciones y su competitividad delante de las otras opciones tecnológicas (DSL, cable y Wi-Fi) depende del tipo de entorno donde se plantee su despliegue.

Entre los segmentos de mercado donde el desarrollo de WiMAX puede resultar más interesante se destacan los siguientes.

- Acceso de banda ancha residencial y SOHO (Small Offices Home Offices), acceso de Internet (voz y datos) de alta velocidad en el cual se pueden incluir servicios multimedia como videoconferencia, video bajo

²⁴Tomado de la página:

http://www.uteq.edu.ec/facultades/empresariales/informatica/tutoriales/temasactuales2007/temas_actuales_002.htm

demanda o televisión, lo cual es comparable en cuanto a capacidad al servicio que se ofrece actualmente con líneas ADSL o cable,

- Servicio de telecomunicaciones para PYMES, acceso de banda ancha dedicada (2 Mbps), donde no es posible dar acceso por medios físicos y en aquellas zonas donde existen servicios alámbricos existen estudios de modelos de negocios que demuestran que WiMAX sería una alternativa eficiente y competitiva contra estos servicios; y,
- Redes backhaul²⁵ para hotspots²⁶ WLAN, red de interconexión de islas WLAN (LAN inalámbricas) a servicios de banda ancha el cual permite interconectar redes WLAN de corto alcance, aproximadamente de 200 metros entre ellas para formar grandes redes de telecomunicaciones, también resulta interesante como alternativa backhaul en despliegues de redes celulares donde actualmente se utilizan líneas dedicadas o enlaces de microondas para arribar a las estaciones base.

1.4.1 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA FIJO (IEEE 802.16-2004)

Es utilizado para el acceso a empresas y residencias entre puntos estacionarios, el cual provee un nivel de servicio comparable a DSL y Cable con un rango para conexiones punto a punto (LOS)²⁷ de 50 Km con una velocidad de 72 Mbps y para conexiones punto a multipunto (NLOS)²⁸ de 6.4 Km, hace uso de modulación OFDM²⁹ y soporta los modos de duplexación FDD³⁰ y TDD³¹, que facilita su interoperabilidad con otros sistemas, así como redes celulares.

²⁵Backhaul: Conocida como red de retorno, conecta a computadores u otros equipos de telecomunicaciones

²⁶Hotspots: Puntos de acceso que proveen servicios de red a través de un proveedor de servicios de Internet

²⁷LOS: Line of Sight, línea de vista directa entre dos puntos

²⁸Near Line of Sight, cerca de la línea de vista o sin línea de vista

²⁹OFDM: Duplexación por División de Frecuencia

³⁰FDD: Duplexación por División de Frecuencia

³¹TDD: Duplexación por División de Tiempo

1.4.2 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA NOMÁDICO

Provee extensión de servicio fijo y acceso desde cualquier lugar dentro de la red, cabe indicar que el CPE³² se encuentra fijo durante la transmisión.

1.4.3 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA PORTABLE

Permite el acceso desde dispositivos portables tal como: Laptos y PDA's, puede estar en movimiento durante la transmisión (velocidades pedestres).

1.4.4 ACCESO WIRELESS DE BANDA ANCHA MÓVIL (IEEE 802.16-2005)

Puede ser utilizado para realizar conexiones de cliente móviles a las redes de comunicación, ofreciendo un rango de conexión punto a multipunto (NLOS) con una distancia de hasta 5 Km y una velocidad de 30 Mbps aproximadamente.

1.4.5 BANDAS DE FRECUENCIAS LICENCIADAS ENTRE 2 -11 GHz

Estas bandas de frecuencia proporcionan un ambiente físico donde, debido a la longitud de onda utilizada, no se requiere línea de vista y las pérdidas por multitrayectorias son significativas.

Sin embargo, la capacidad de soportar escenarios near-LOS (Línea de Vista Cercana) y NLOS (Sin Línea de Vista) hace que se requiera funcionalidades de capa física adicionales; tales como soporte de técnicas avanzadas de manejo de potencia, mitigación/coexistencia de interferencias y antenas múltiples.

³²CPE: Conjunto de equipos instalados en los hogares de los clientes y que permiten su conexión con las estaciones base

1.4.6 BANDAS DE FRECUENCIAS NO LICENCIADAS ENTRE 2 -11 GHz

El entorno físico de estas bandas es muy similar al señalado anteriormente, sin embargo su naturaleza involucra problemas de interferencia y coexistencia adicionales que se deben considerar al momento de emplear dichas bandas.

Dentro del rango de frecuencias por debajo de los 11 GHz, el espectro más probable está disponible en 2.3 GHz, 2.4 GHz, 2.5 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz y potencialmente en 700 MHz.

Por consiguiente, para asegurar la interoperabilidad mundial, los CPE tarjetas de datos o soluciones con chips incorporados de WiMAX deberían soportar hasta 5 bandas de frecuencia.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS EN LA URBANIZACIÓN PIN

El desconocimiento de la población en general sobre el uso de herramientas informáticas, ligado a factores como la ausencia de infraestructura de acceso a sectores marginales del país, tal como la oferta deficiente de productos, servicios y contenidos que atraviesan por el Internet, constituyen factores de incidencia que limitan la proliferación de su uso y penetración, por lo cual la implementación y mantenimiento de las redes de Internet, así como la materia prima para tendidos de cableado y equipamiento a todo nivel presentan costos exuberantes con altos impuestos.

Actualmente la empresa de telefonía encargada de brindar el servicio de banda ancha en la Urbanización PIN es la CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones), la cual provee a la Urbanización, servicio extremo a extremo referidos específicamente a la transmisión de voz y datos a través de medios guiados como es el alambre de cobre y tecnología ADSL.

En base a lo mencionado anteriormente es necesario conocer que: *“En el año 2007 la CNT de Esmeraldas contaba con 32.300 líneas telefónicas, y hasta abril del 2009 incrementó la capacidad a 7.800 líneas nuevas, es decir que se presentó un incremento del 25%, y para el 2010 prevén implementar 6.600 líneas adicionales”*.

“En cuanto al servicio de Internet en el año 2007 CNT Esmeraldas disponía de 530 puertos, hasta abril del 2009 esta capacidad se incrementó con 2.200 nuevos puertos hasta finales del 2009, lo que refleja un crecimiento del 410%, y para el presente año 2010 se proyecta un crecimiento del servicio con 4.600 puertos más”.³³

³³Tomado de la página: http://www.elnuevoempresario.com/noticia_8628_esmeraldas-crece-en-telecomunicaciones.php

2.1 ANÁLISIS DE LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA URBANIZACIÓN PIN

En la Provincia de Esmeraldas, la población actual medida hasta el mes de Febrero del 2010 es de 460.668 de los cuales 39.216 habitantes son abonados telefónicos, dentro del área de estudio de la Urbanización PIN 169 usuarios acceden al servicio de “Fast Boy”, con esto es necesario conocer que la Provincia de Esmeraldas ocupa el 1.04% de acceso al Internet a nivel Nacional³⁴.

A continuación se muestra en la Tabla 2.1, los datos estadísticos de los servicios de Telecomunicaciones, Radiodifusión y Televisión en la Provincia de Esmeraldas.

Estadísticas Técnicas Esmeraldas	Mes de Febrero Año 2010
Abonados Telefonía Fija con CNT	39.216
Estaciones de Radiodifusión Sonora	47
Estaciones de Televisión	20
Estaciones de Tv por Cable	14
Cuentas de Internet	2824
Usuarios de Internet	12.873
Cybers con certificación	11

Tabla 2.1: Estadísticas de Servicios de Telecomunicaciones, Radiodifusión y Televisión en la Provincia de Esmeraldas mes de Febrero del Año 2010³⁵

En base a este análisis se procede a realizar un estudio de los servicios ofertados explícitamente en la Urbanización PIN, donde la concentración de servicios de Telecomunicaciones no responden a los cambios tecnológicos actuales por lo que no existe un trato igualitario en los precios de los servicios de conectividad de datos, voz y televisión, con los cuales se desee garantizar a

³⁴Información proporcionada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT, Gerencia Front Office

³⁵Tomado de la página:

http://www.supertel.gov.ec/pdf/estadisticas/estaciones_radiodifusion_television.pdf

dicha Urbanización la prestación de servicios de Telecomunicaciones eficientes, efectivos y competitivos, orientados a lograr el bien común.

La Urbanización PIN, está conformado por 18 áreas³⁶ ocupadas como lugares de vivienda de 2 y 3 pisos cada una, las áreas se encuentran separadas entre sí por vías de circulación vehicular, el ancho de las calles que dividen a las áreas de la Urbanización es de 6.49 metros, la estructura de las viviendas es de hormigón armado, en la Tabla 2.2 se presentan los servicios de telefonía fijos instalados, así como servicio de Internet, televisión satelital y codificada para la Urbanización PIN varios de ellos proporcionados por la CNT y otras entidades privadas prestadoras de dichos servicios.

Telefonía	Cantidad de líneas telefónicas
Llamadas locales y nacionales	268
Llamadas locales, nacionales e Internacionales	5
Telefonía Pública	1
Teléfono celular usado dentro del hogar	23
Ninguno	53
Internet - Banda Ancha	Cantidad de cuentas de Internet
ADSL	46
Fast Boy	169
Dial Up	20
Internet de Operadora Celular	55
Ninguno	60
Televisión Codificada	Cantidad de usuarios Tv codificada
Tv por cable MEGAVISIÓN	110
Televisión Satelital	0
Señal codificada por cable no autorizada	20
Señal codificada por satélite no autorizada	15
Ninguno	205

Tabla 2.2: Estadísticas Servicios de Telecomunicaciones Urbanización PIN³⁷

³⁶Áreas: 350 viviendas distribuidas en manzanas dentro de la urbanización PIN en un terreno de 1km, cada manzana tiene de 6 a 18 hogares de 92 m², es lo que se comprende como área

³⁷Estadística tomada de la Urbanización PIN mediante contacto personal y telefónico

Dichos servicios se encuentran repartidos en toda la Urbanización PIN la cual corresponde a un área de estudio de 1 Km el cual se divide en 18 sectores utilizados como viviendas y 13 sectores utilizados como áreas de administración, comisariato, bodega, escuela, jardín de infantes, Asociación de Ingenieros de la Refinería Estatal de Esmeraldas (AIREE), teatro, parque infantil, estadio, cancha de tennis, cancha de beisbol, cancha de básquet y cancha de indor fútbol, lo cual se puede ver en el mapa del Anexo 1.

En la Urbanización PIN el 61% de los usuarios, tienen acceso a los servicios de telefonía, Internet y televisión codificada de los cuales, el 31% de los usuarios accede a los servicios de televisión pagada proporcionados por una operadora de cable autorizada de y el 10% de los usuarios accede a los servicios no autorizados de televisión por cable y satelital.

2.1.1 SITUACIÓN ACTUAL SISTEMA DE TELEFONÍA URBANIZACIÓN PIN

Mediante encuestas realizadas a los usuarios de la Urbanización PIN, se consultó a cada uno de ellos sobre la provisión de servicios de telecomunicaciones y tecnología que disponen actualmente en cada vivienda así como en las áreas propias de la Urbanización que son la administración, escuela, Asociación de Ingenieros de la Refinería Estatal de Esmeraldas y comisariato, determinándose entre otras cosas lo siguiente:

- La mayoría de las viviendas y áreas visitadas tenían una única línea telefónica proporcionada por la CNT la cual utiliza par de cobre para la transmisión de voz y datos, las líneas son distribuidas desde la Central de Esmeraldas ubicada en la Av. Libertad 6-08 y Muriel, utilizando fibra óptica a una distancia de 5 Km, hasta el distribuidor de Esmeraldas 3 el cual se encuentra en la vía única a la Refinería de Esmeraldas, en la Urbanización PIN,
- Desde el distribuidor de Esmeraldas 3 ubicado a 1 ½ Km de distancia de la Urbanización PIN, se realiza la conexión con cable de cobre hasta el

armario donde se encuentra el punto de distribución hacia las cajas o terminales de donde se reparten las líneas hacia la Urbanización PIN, la acometida telefónica se encuentra ubicada cerca del área de Administración, utiliza cable EKKX³⁸ para el cableado vertical y cable ELALJF³⁹ para el cableado subterráneo utilizado para la telefonía, también incluyen cajas y regletas normalizadas por la CNT; y,

- El 76% de los usuarios de la Urbanización PIN, acceden a los servicios de telefonía proporcionado por la CNT, de los cuales casi el 2% de los usuarios totales tienen activado el servicio de llamadas Internacionales y el 6% accede a los servicios proporcionados por una Operadora de telefonía Celular para utilizar estas líneas como contacto único dentro de sus hogares.

En la Imagen 2.1 se puede observar de manera porcentual los datos de telefonía mencionados anteriormente.

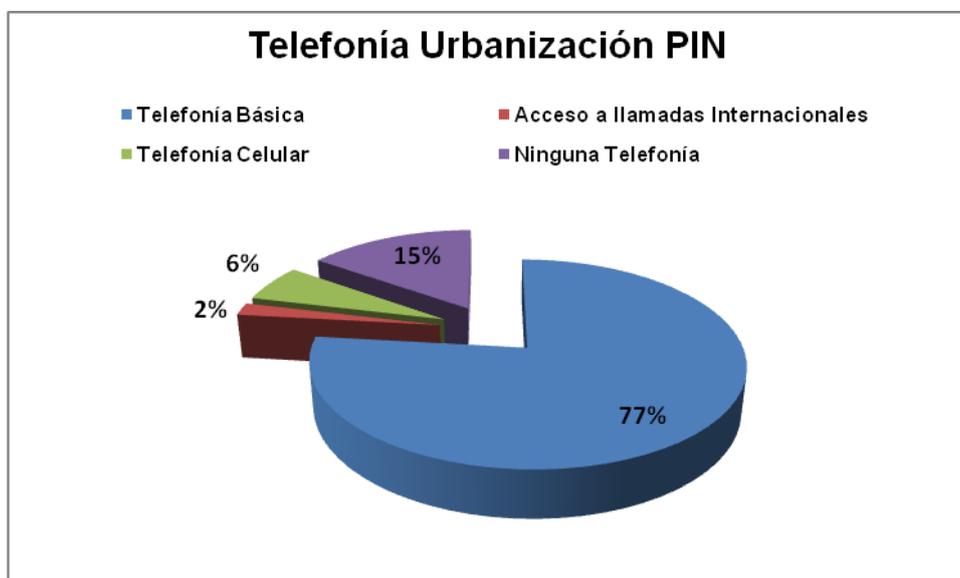


Imagen 2.1: Telefonía Porcentual Urbanización PIN

³⁸EKKX: Cable utilizado para las conexiones telefónicas verticales que van dentro de las viviendas

³⁹ELALJF: Cable utilizado para las conexiones telefónicas subterráneas

En base a los datos indicados anteriormente se detalla en la Tabla 2.3 la información obtenida de los usuarios de la Urbanización PIN sobre las líneas telefónicas que actualmente se encuentran en servicio.

Áreas	Cantidad de Viviendas y Usuarios *	Líneas Telefónicas básicas	Líneas Telefónicas con acceso a llamadas Internacionales	Líneas Telefónicas Públicas	Telefonía de Operadora Celular
El Bosque	18	16			3
Los Almendros	14	11			
Los Ceibos	10	8			
Los Sauces	10	8			2
Primavera	18	12	1		
Rosales	20	18			
El Pedregal	16	12			
Los Tulipanes	2	0			2
El Recreo	18	15			
La Pradera	20	16	2		1
Las Acacias	20	16			1
Los Laureles	20	13			3
La Colina	46	38			3
Paraíso	43	41			3
Bellavista	30	21			3
Tierra de Nadie	14	12			2
La Central	16	7	1		
Administración	5 *	1	1		
Escuela	8 *	1			
Comisariato	2 *	2		1	

Tabla 2.3: Estadísticas Servicios de Telefonía Urbanización PIN⁴⁰

⁴⁰Estadística tomada de la Urbanización PIN y datos proporcionados por la CNT Esmeraldas área de Gestión de Proyectos

2.1.2 SITUACIÓN ACTUAL ACCESO AL SISTEMA DE INTERNET DE LA URBANIZACIÓN PIN

En relación a la demanda de conectividad, el 61% de usuarios de la Urbanización han optado por los servicios de contratación de Internet de la CNT ya que es la empresa proveedora de mayor alcance para la conectividad de voz y datos en el área de estudio, con esto es necesario conocer que el servicio de Internet contratados por varios de los usuarios de la Urbanización PIN, presentan mayor acogida con el plan de activación del servicio de Internet “*Fast Boy*”, ya que es una de las mejores ofertas presentadas por la Corporación Nacional de Telefonía CNT en relación a costos.

Según el estudio de investigación realizado en la Urbanización, los usuarios actualmente centran la demanda de soluciones de Internet en la oferta más económica posible, basada en el uso del correo electrónico, procesos transaccionales y navegación web, ya que al momento no existe la demanda de servicios web avanzados como podrían ser el e - learning y webcasting, sin embargo el interés de algunos usuarios se enfoca en la opción de tener un mejor servicio de Internet con mayores alcances y velocidad la cual puede en un futuro proveer el acceso a servicios web avanzados para mejorar las capacidades y potencialidades de la Urbanización.

Dentro de la Urbanización existen 46 contrataciones del servicio de ADSL Corporativo de la CNT, donde el ancho de banda contratado por un usuario específico es dividido para cierta cantidad de usuarios de su misma área o bloque de vivienda, dependiendo de la velocidad contratada, el plan es pagado entre los usuarios que acceder al canal compartido.

Para un pequeño porcentaje de usuarios equivalente a 20 contrataciones realizadas, se dispone de la conexión dial-up el cual es ofertado por la empresa de telefonía Porta, la cual emplea la línea telefónica convencional para la conexión, esta alternativa de conexión a pesar de ser la de menor calidad es una alternativa real por su disponibilidad, sin embargo se ha recomendado a

los usuarios de esta tecnología de acceso a Internet evaluar las alternativas de conexión dedicada.

De igual manera existen 55 contrataciones de servicio de conexión inalámbrica utilizando módems de la Operadora de telefonía celular PORTA dentro de la Urbanización, estos módems proporcionan una cobertura solo en exteriores y lugares abiertos, donde los niveles de señal no son tan garantizados dentro de las viviendas, esta empresa provee a los usuarios una conexión de planes abiertos y controlados dependiendo de las necesidades de los mismos.

Al evaluar estas alternativas de conexión, se presenta el plan mayormente contratado de la CNT que es el servicio de *“Fast Boy”*, el cual tiene 169 contrataciones de servicio, el cual va desde los planes más básicos con conexiones de 128 Kbps hasta la más alta de 512, este es un servicio ventajoso para algunos usuarios que se encuentran cerca de la acometida y dentro del diseño de la red planteada por la CNT, pero es desventajoso para aquellos usuarios que esperan que sus requerimientos de solicitud telefónica y acceso al Internet sean atendidos ya que aún no se les ha presentado un tiempo estimado para solventar sus pedidos como usuarios.

En la Imagen 2.2 se puede observar de manera porcentual los datos de acceso al servicio de Internet mencionados anteriormente, y en la Tabla 2.4 se preambula la información obtenida de los usuarios de la Urbanización PIN sobre el acceso al servicio de Internet, donde se muestran los servicios contratados, planes y valores a pagar por los usuarios.

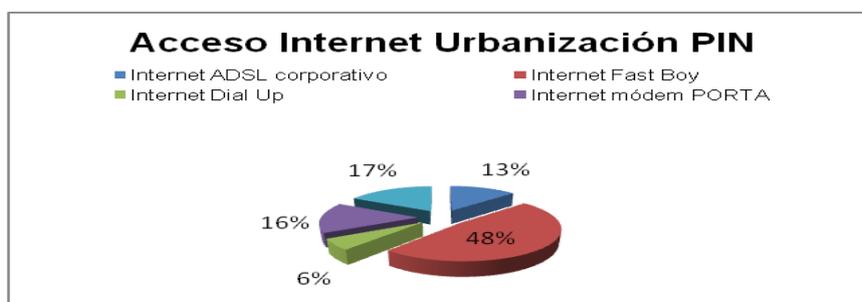


Imagen 2.2: Acceso Internet Porcentual Urbanización PIN

Áreas	Viviendas y usuarios (*)	Internet ADSL	Velocidad y Costo mensual	Internet Fast Boy	Velocidad y Costo mensual	Internet Dial Up	Costo mensual	Internet módem PORTA	Velocidad y Costo mensual
El Bosque	18			10	128 Kbps \$20,16			5	BA ilimitado \$ 54,88
Los Almendros	14	1	512 Kbps \$ 89,49	5	256 Kbps \$27,89	2	\$ 18	5	BA ilimitado \$ 54,88
Los Ceibos	10	3	256 Kbps \$ 55,89	2	512 Kbps \$44,69			3	BA 29 controlado \$ 32,48
Los Sauces	10	1	512 Kbps \$ 89,49	7	256 Kbps \$27,89	1	\$ 35		
Primavera	18	3	128 Kbps \$ 44,69	5	512 Kbps \$44,69			4	BA 29 controlado \$ 32,48
Rosales	20	2	128 Kbps \$ 44,69	6	128 Kbps \$20,16	3	\$ 40	6	BA 29 controlado \$ 32,48
El Pedregal	16	3	256 Kbps \$ 55,89	8	256 Kbps \$27,89				
Los Tulipanes	2							1	BA ilimitado \$ 54,88
El Recreo	18			11	256 Kbps \$27,89	1	\$ 50	3	BA ilimitado \$ 54,88
La Pradera	20	2	128 Kbps \$ 44,69	13	128 Kbps \$20,16	3	\$ 40		
Las Acacias	20	3	256 Kbps \$ 55,89	15	128 Kbps \$20,16			1	BA ilimitado \$ 54,88
Los Laureles	20	4	128 Kbps \$ 44,69	13	256 Kbps \$27,89	2	\$ 50		
La Colina	46	6	128 Kbps \$ 44,69	20	256 Kbps \$27,89	2	\$ 50	4	BA ilimitado \$ 54,88
Paraíso	43	7	128 Kbps --> 44,69	20	256 Kbps \$27,89	3	\$ 40	8	BA 29 controlado \$ 32,48
Bellavista	30	4	128 Kbps --> 44,69	15	256 Kbps \$27,89			9	BA 29 controlado \$ 32,48
Tierra de Nadie	14	3	256 Kbps --> \$ 55,89	2	128 Kbps \$20,16	3	\$ 40	4	BA 29 controlado \$ 32,48
La Central	16	4	256 Kbps --> \$ 55,89	2	128 Kbps \$20,16			2	BA ilimitado \$ 54,88
Administración	5 *			5	256 Kbps \$27,89				
Escuela	8 *			8	128 Kbps \$20,16				
Comisariato	2 *			2	512 Kbps \$44,69				

Tabla 2.4: Estadísticas Servicios de Acceso a Internet Urbanización PIN ⁴¹

⁴¹Estadística tomada de la Urbanización PIN y datos proporcionados por la CNT Esmeraldas área de Gestión de Proyectos

2.1.3 SITUACIÓN ACTUAL TELEVISIÓN CODIFICADA Y SATELITAL DE LA URBANIZACIÓN PIN

En la ciudad de Atacames, en la parroquia la Unión, existe el sistema de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico que se denomina MEGAVISIÓN CABLE, esta empresa emplea una red troncal, una red de distribución, y una red de abonado de tipo coaxial RG-6, la cual utiliza equipos de amplificación y splitters para repartir la señal de audio y video a los abonados solicitantes del servicio de televisión codificada, la Urbanización PIN contrata el servicio de MEGAVISIÓN CABLE.

El tendido de cable para la red troncal, la red de distribución y la red de abonado para servir a la Urbanización PIN, es vía aérea con cable coaxial serie 500 a través de postes, el cual proporciona un total de 40 canales, esta información es mostrada a continuación en la Tabla 2.5

Área de Servicio	Atacames, Parroquia la Unión
Ubicación del Head End	Calle Juan Montalvo y Roberto Cervantes esq. Atacames
Red Troncal	Coaxial Serie 500
Red de Distribución	Coaxial Serie 500
Red de Abonado	RG-6
Nivel de la Señal	12 dBmV

Tabla 2.5: Servicio de Televisión Codificada MEGAVISIÓN CABLE para la Urbanización PIN⁴²

El 31% de los usuarios de la Urbanización tienen contratado sus planes de televisión codificada con la empresa MEGAVISIÓN CABLE, los paquetes varía dependiendo de la cantidad de canales y los usuarios realizan un pago mensual que oscila entre los \$ 27,20 y los \$ 33,93.

De igual manera existen usuarios que no han realizado ningún tipo de contratación de servicios de televisión por cable ya que ellos han adquirido equipos no autorizados para poder acceder a la red del sistema de audio y

⁴²Tomado de la página:

http://documental.conartel.gov.ec/Resoluciones/Conartel/T%C3%A9cnico/informes_oficios/2009/AT-09-117.pdf

video, algunos de estos usuarios informan que la principal desventaja de este sistema no autorizado que utilizan estos equipos es la constante actualización de licencias de acceso a canales de televisión que se deben realizar a través del Internet, ya que de esta manera los equipos se actualizan y pueden funcionar normalmente, pero sin la prestación de este servicio básico como es el Internet sus sistemas de codificación no autorizados quedan obsoletos y sin utilidad alguna.

En la Imagen 2.3 se puede observar de manera porcentual la cantidad de usuarios que tienen contratado el servicio de televisión pagada de la empresa MEGAVISIÓN CABLE y los usuarios que acceden a otros sistemas de televisión por cable y satelital no autorizados.

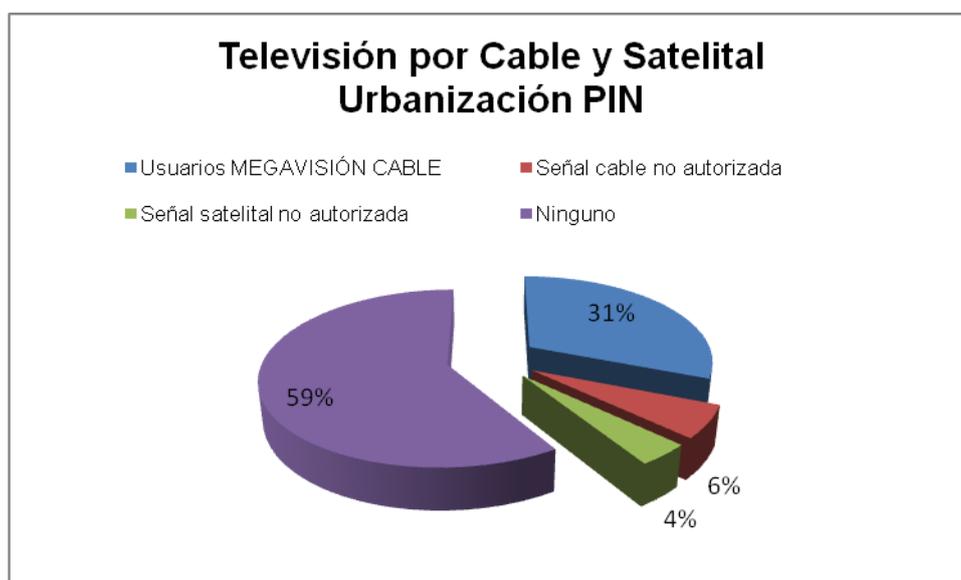


Imagen 2.3: Televisión por cable y satelital Porcentual Urbanización PIN

Con los datos indicados anteriormente se detalla en la Tabla 2.6 la información obtenida de los usuarios de la Urbanización PIN sobre los servicios de televisión por cable pagados y sobre los servicios de televisión codificados no autorizados con los que actualmente cuentan los usuarios.

Áreas	Viviendas y Usuarios(*)	Usuarios MEGAVISIÓN Cable	Tv Cable no autorizado	Tv Satélite no autorizado
El Bosque	18	9	2	
Los Almendros	14	7		1
Los Ceibos	10	4		1
Los Sauces	10	6	2	
Primavera	18	9		2
Rosales	20	10	3	
El Pedregal	16	8	1	1
Los Tulipanes	2			
El Recreo	18	7	1	1
La Pradera	20	3	3	
Las Acacias	20	4	2	2
Los Laureles	20	3		
La Colina	46	12	1	3
Paraíso	43	15	3	3
Bellavista	30	6	2	
Tierra de Nadie	14	3		1
La Central	16	4		
Administración	5 *			
Escuela	8 *			
Comisariato	2 *			

Tabla 2.6: Usuarios del sistema de televisión codificada y satelital⁴³

⁴³Estadística tomada de la Urbanización PIN y datos proporcionados por MEGAVISION CABLE de la Provincia de Esmeraldas

2.2 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

Para poder realizar una evaluación de requerimientos se procedió con inspecciones de campo realizadas dentro y fuera de la Urbanización PIN, con lo cual se puede verificar que la red de CNT ofertar el servicio de Internet ADSL Banda Ancha al 61% de los usuarios de la Urbanización, mientras que para los usuarios restantes existen problemas de acceso al Internet por daños presentados en la estructura telefónica los cuales aún no son solucionados para satisfacer el servicio necesario, por lo cual el 21% de los usuarios acceden al servicio de la Operadora Celular PORTA utilizando módems para su conexión y el 18% de usuarios restantes no tiene acceso alguno a dicho servicio.

En telefonía fija el 78% de usuarios de la Urbanización acceden a los servicios de la CNT, el 7% de usuarios accede al sistema de telefonía celular de PORTA para tener la línea contratada como punto de contacto dentro de su hogar y el 15% restante no tiene ninguna línea telefónica fija ni celular para el uso interno del hogar.

Sin embargo existe un 30% del total de usuarios que no tienen acceso a uno de los 3 servicios investigados que son telefonía, Internet y televisión pagada.

Estos requerimientos no atendidos de servicio son medidos en valores porcentuales en base al total de usuarios de la Urbanización PIN, lo cual es mostrado a continuación en la Imagen 2.4 para el servicio de telefonía, Internet y servicio de televisión pagada.

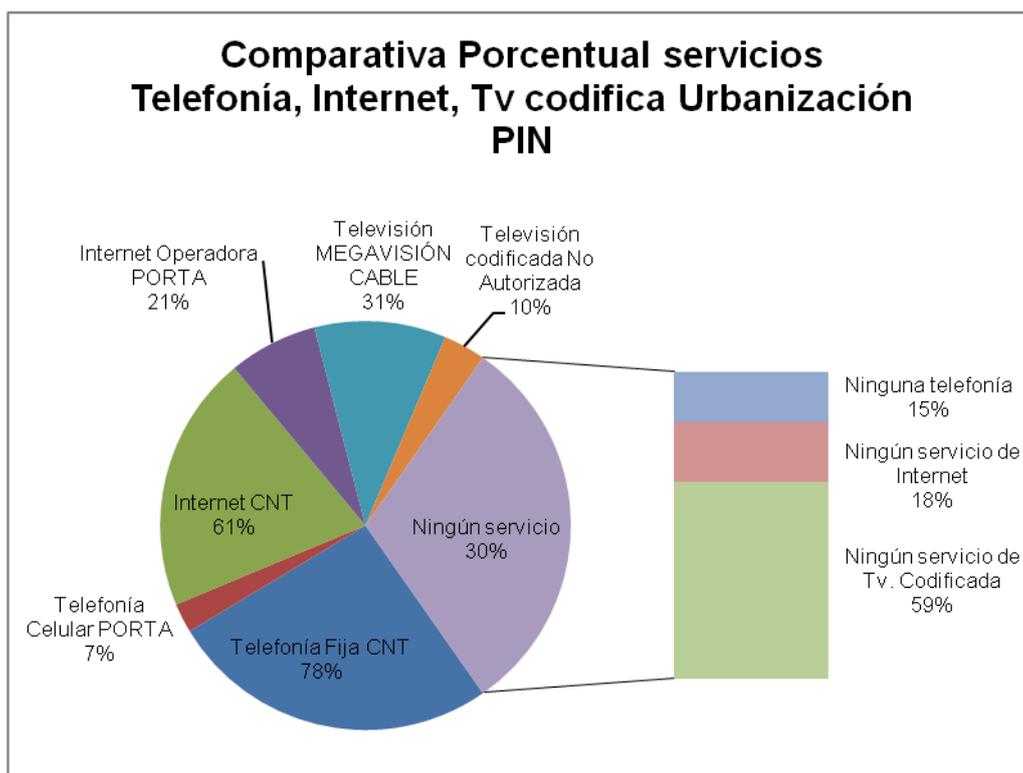


Imagen 2.4: Comparativa porcentual servicios de Telefonía, Internet y Televisión Codificada de la Urbanización PIN

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

3.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

WiMAX es una tecnología inalámbrica que intenta competir con las tecnologías por cable, siendo muy adecuada para establecer conexiones sin línea de vista, así como puede ofrecer gran alcance y alta capacidad en transmisión de datos.

La banda ancha inalámbrica de WiMAX surge de la necesidad de contar con una alternativa competitiva de la tradicional banda ancha cableada.

La tecnología WiMAX atravesó por 4 etapas durante su evolución que son:

- a) Sistema de banda angosta o bucle de acceso local vía radio (WLL).
- b) Sistema de banda ancha de primera generación.
- c) Sistema de banda ancha de segunda generación sin línea de vista (NLOS).
- d) Aparición de la tecnología basada en estándares.

3.1.1 SISTEMA DE BANDA ANGOSTA: BUCLE DE ABONADO INALÁMBRICO (WLL)

La primera aplicación para la cual se desarrollo esta alternativa inalámbrica fue para la telefonía, este sistema llamado bucle de abonado inalámbrico (Wireless Local Loop o WLL), el bucle local inalámbrico fue bastante exitoso y se llegó a desarrollar en muchos países tal como China, India, Rusia, Brasil entre otros.

El WLL, es el uso de un enlace de comunicaciones inalámbricas como la conexión de última milla para ofrecer servicios de telefonía (POTS) e Internet de Banda Ancha a los usuarios.

3.1.2 SISTEMAS DE BANDA ANCHA DE PRIMERA GENERACIÓN

A medida que los sistemas DSL y cable módem comenzaron a ser implementados, los sistemas inalámbricos tuvieron que evolucionar para soportar mayores velocidades de transmisión y así seguir siendo competitivos, dichos sistemas empezaron a ser desarrollados para mayores frecuencias, así se desarrollo un sistema de muy alta frecuencia llamado Local Multipoint Distribution System (LMDS), el cual operaba en una banda de frecuencia del orden de 24 Ghz a 39 Ghz.

Los servicios que utilizaban LMDS fueron pensados originalmente para ofrecer servicio inalámbrico a clientes finales como empresas, sin embargo su desarrollo fue truncado debido a problemas como la necesidad de instalar antenas en los techos y azoteas, la distancia de enlaces se puede dar desde los 100 metros hasta los 35 Km, dependiendo de la sensibilidad de las unidades de abonado, los sistemas de comunicación LMDS en la banda de 3.5 GHz tienen la ventaja de no verse afectados por la niebla, la lluvia o la nieve.⁴⁴

3.1.3 SISTEMAS DE BANDA ANCHA DE SEGUNDA GENERACIÓN

Los sistemas de banda ancha inalámbricos de segunda generación pudieron superar el inconveniente de las torres con línea de vista y podían brindar mayor capacidad, esto se logró utilizando arquitectura celular e implementando técnicas avanzadas de procesamiento de la señal.

Algunas compañías desarrollaron soluciones propietarias las cuales brindaban un mejor performance que los sistemas de primera generación, muchos de

⁴⁴Tomado de la página: <http://es.wikipedia.org/wiki/LMDS>

estos nuevos sistemas pudieron funcionar bien bajo condiciones NLOS (sin línea de vista), con antenas en el lado del cliente normalmente montadas sobre techos bajos, resolviendo de esta manera los problemas con NLOS utilizando técnicas como la multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), acceso múltiple por división de código (CDMA), y procesamiento multi-antena.

3.1.4 APARICIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS BASADAS EN ESTÁNDARES

3.1.4.1 WiMAX Forum

El WiMAX Forum fue formado con el fin de promover y certificar la interoperabilidad de los productos inalámbricos de banda ancha, y está integrada principalmente por los fabricantes, operadores y proveedores de telecomunicaciones, la organización fue formada en el año 2001.

El WiMAX Forum, propone soluciones basadas en el estándar IEEE 802.16, el cual siguió los lineamientos establecidos previamente por la Wi-Fi Alliance, con un notable éxito promoviendo y proveyendo pruebas de interoperabilidad a los productos basados en la familia de estándares 802.16.

El foro comenzó con pruebas de interoperabilidad y anunció su primer producto certificado basado en IEEE 802.16-2004 para aplicaciones fijas en Enero del 2006, los productos basados en IEEE 802.16e-2005 fueron certificados en el año 2007.

3.1.4.1.1 Estándar IEEE 802.16

En 1998, el IEEE formó un grupo llamado 802.16 a fin de desarrollar un estándar, el cual fue bautizado como W-MAN (Wireless Metropolitan Area Network), originalmente, este grupo se enfocó en el desarrollo de soluciones que operaban en las bandas de 10 GHz a 66 GHz, para este estándar la línea de vista era necesaria y el multi-direccionamiento utilizaba técnicas de

multiplexación ortogonal por división de frecuencia (OFDM) para conexiones punto a punto.

El grupo IEEE 802.16 desarrolló un estándar que fue aprobado en Diciembre del 2001 el cual fue llamado “*Wireless MAN-SC*”, y especificaba una capa física que utilizaba una técnica de modulación de una única portadora y una capa de acceso (capa MAC) con una estructura de multiplexación TDM que soportaba a su vez duplexación por división de frecuencia o de tiempo (FDD y TDD) respectivamente.

Después de completado el estándar el grupo IEEE comenzó a modificar y extender sus características utilizando frecuencias licenciadas y no licenciadas en el rango de 2 GHz a 11 GHz, así nació el estándar IEEE 802.16a.

3.1.4.1.2 Estándar IEEE 802.16a

Este estándar terminó de completarse en el año 2003, para el espectro de frecuencia de 2 a 11 GHz, utilizando rangos de frecuencia licenciados y no licenciados, además incorpora la capacidad NLOS y características de calidad de servicio (QoS).

Esta versión proporcionó mayor capacidad a la capa de control de acceso a medio MAC (Medium Access Control) tal como el soporte para acceso por multiplexación ortogonal por división de frecuencia (OFDMA).

Revisiones posteriores a 802.16a que trabajan en la frecuencia de 2 GHz a 11 GHz fueron hechas y completadas en el año 2004, esta revisión se llamó 802.16-2004 y reemplazó al estándar 802.16a, el cual también fue adoptado por Europa como la base para HIPERMAN (Red de Área Metropolitana de Alta Performance).

3.1.4.1.3 Estándar IEEE 802.16-2004(d)

El estándar 802.16-2004, teóricamente puede transmitir hasta para un rango de datos de 70 Mbps en condicione ideales, aunque el rendimiento real podría ser superior a 40 Mbps.

Para este estándar se tiene tres tipos de modulación para la capa PHY, modulación con una sola portadora, modulación con OFDM de 256 portadoras y de 2048 portadoras, pero la modulación seleccionada es OFDM de 256 portadoras, debido a que el proceso de cálculo para la sincronización se tiene menor complejidad respecto a la utilización del esquema de 2048 portadoras.

En el año 2003, el grupo 802.16 comenzó a trabajar en mejoras a las especificaciones que permitían aplicaciones para movilidad vehicular, esta revisión 802.16, finalizó en el año 2005 y fue publicada como IEEE 802.16e-2005.

Con estos cambios, las especificaciones IEEE 802.16 se convirtieron en un grupo de estándares con muy amplio alcance, a fin de ajustarse a las diversas necesidades de la industria, el IEEE desarrollo las especificaciones pero dejo a la industria la tarea de convertirlo en un estándar interoperable.

3.1.4.1.4 Estándar IEEE 802.16-2005

En Diciembre del 2005, el grupo IEEE finalizó y aprobó el IEEE 802.16e-2005, como una enmienda al estándar anterior del 2004, el cual dio sustento al concepto de movilidad, este estándar formó las bases para aplicaciones nómadas y móviles, por lo tanto nos referimos a este estándar como WiMAX móvil.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA WIMAX

3.2.1 CAPA FÍSICA BASADA EN OFDM

La capa física (PHY) de WiMAX está basada en la multiplexación por división ortogonal de frecuencia, lo cual ofrece una buena resistencia a la interferencia por reflexiones múltiples (multipath), y permite a WiMAX operar en condiciones NLOS.

3.2.2 ELEVADAS TASAS DE TRANSFERENCIA

WiMAX, es capaz de soportar muy altas tasas de transferencia, de hecho, la tasa máxima a nivel de capa física puede alcanzar los 74 Mbps utilizando un ancho de banda de 20 MHz en la práctica usando el ancho de banda de 10 Mhz, con duplexación del tipo TDD, se puede ofrecer una tasa de transferencia de 25 Mbps y 6.7 Mbps respectivamente, estas tareas de transferencia máximas se alcanzan cuando se utiliza modulación 64 QAM, cabe aclarar que bajo condiciones óptimas de señal.

3.2.3 ESCALABILIDAD

WiMAX, soporta canales de ancho de banda flexibles, por ejemplo si un operador tiene asignado 20 MHz de espectro, este operador puede dividirlo en 2 sectores de 10 MHz cada uno, o 4 sectores de 5 MHz cada uno, focalizando potencia en sectores de pequeños incrementos, el operador puede incrementar el número de usuarios manteniendo un buen rango y tasa de transferencia.

Para escalar aún más la cobertura, el operador puede reutilizar el mismo espectro en dos o más sectores creando instalaciones propias entre las antenas de estaciones base.

3.2.4 MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN ADAPTATIVA (AMC)

WiMAX soporta diferentes esquemas de modulación y codificación para la corrección de errores (FEC)⁴⁵ y permite que dicho sistema se modifique para cada usuario, o grupo de usuarios, dependiendo de las condiciones del canal.

AMC es un mecanismo efectivo para maximizar la tasa de transferencia en un canal que varía con el tiempo, el algoritmo de adaptación se inicia normalmente en el esquema más rápido de modulación y codificación, luego se apoya en la relación señal a ruido y en el coeficiente de interferencia del receptor para proporcionarle a cada usuario la velocidad más alta que puede ser brindada en su respectivo enlace.

3.2.5 RETRANSMISIÓN EN LA CAPA DE ENLACE DE DATOS

Para conexiones que requieren mejorar su fiabilidad WiMAX puede soportar peticiones automáticas de retransmisión (ARQ)⁴⁶, en la capa de enlace de datos, las conexiones con ARQ habilitado requieren que cada paquete transmitido sea reconocido por el receptor, los paquetes desconocidos se asumen como paquetes perdidos y son retransmitidos, opcionalmente puede soportar una arquitectura híbrida que relaciona FEC con ARQ.

3.2.6 SOPORTE DE APLICACIÓN TDD Y FDD

Los estándares 802.16-2004 y 802.16e-2005, soportan duplexación por división de tiempo (TDD) y duplexación por división de frecuencia (FDD), como así también FDD del tipo half-duplex; lo cual redundará en un bajo costo a la hora de la implementación.

⁴⁵FEC: Forward Error Correction, mecanismo de corrección de errores que permiten su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original

⁴⁶ARQ: Automatic Repeat Request, protocolo utilizado para el control de errores en la transmisión de datos

TDD es la aplicación más utilizada en la mayoría de los despliegues comerciales debido a sus ventajas, tal como la flexibilidad a la hora de elegir la relación entre las tasas de down-link y up-link, capacidad de explorar la reciprocidad del canal y transceptores más sencillos.

3.2.7 SOPORTE DE CALIDAD Y SERVICIO (QoS)

La capa MAC de WiMAX posee una arquitectura orientada a la conexión, la cual fue diseñada para soportar una variedad de aplicaciones, incluyendo servicios de voz y multimedia, el sistema ofrece soporte para tráfico en tiempo real o no, para tasas de bits constantes o variables, la capa MAC además está diseñada para soportar una gran cantidad de usuarios, cada uno con múltiples conexiones y cada una de esas conexiones, con sus propios requerimientos de calidad de servicio.

3.3 COMPONENTES DE UNA RED WIMAX

La arquitectura WiMAX de extremo a extremo, está conformada por los siguientes componentes:

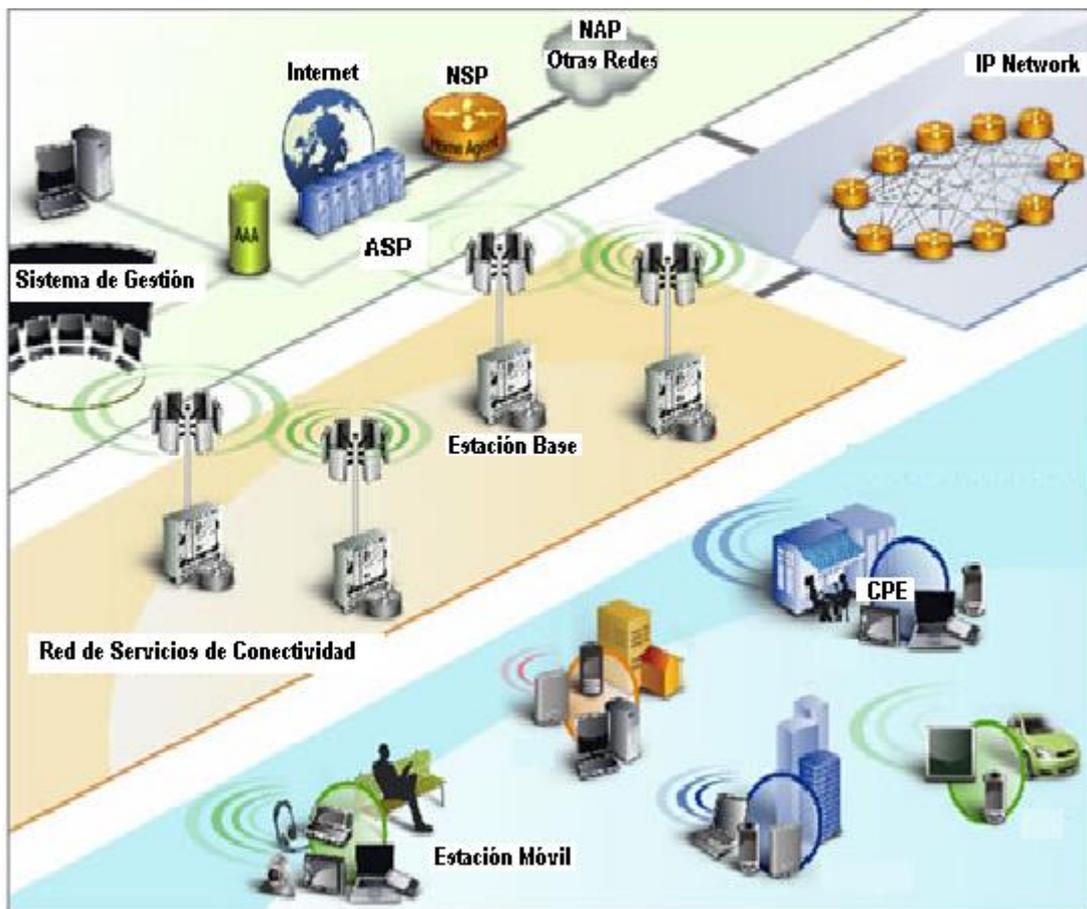
- a) NAP (Network Access Provider)
- b) NSP (Network Service Provider)
- c) ASP (Application Service Provider)
- d) ASN (Access Service Network)
- e) MS (Movil Station)
- f) CSN (Red de Servicios de Conectividad)

g) Interfaces R1 a R5

h) CPE

i) Estación Base

j) Sistema de Gestión



*Imagen 3.1: Arquitectura WiMAX de extremo a extremo*⁴⁷

⁴⁷Tomado de la página: http://www.siaegp.bobbryce.co.uk/pro_wmax.php

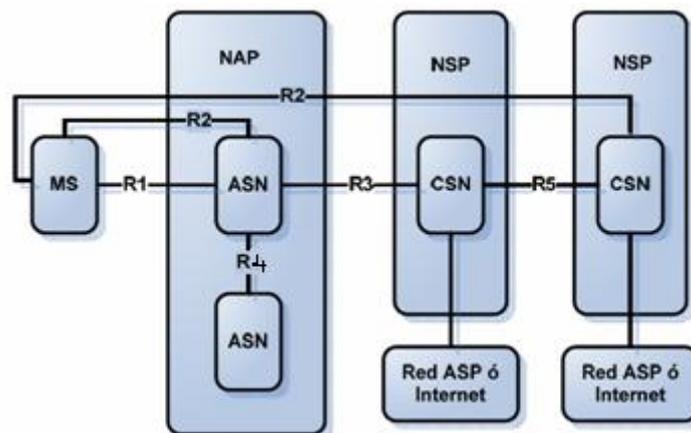


Imagen 3.2: Componentes de la red WiMAX⁴⁸

- a) *NAP (Network Access Provider)*: Entidad que provee la infraestructura de acceso de una red de acceso, una NAP implementa esta infraestructura usando una o más redes de acceso al servicio, es aquí donde se encuentran los Carriers.
- b) *NSP (Network Service Provider)*: El NSP es una empresa de negocios que habilita la conectividad IP y servicios WiMAX para los usuarios en concordancia con los Acuerdos de Niveles de Servicio (SLA), el NSP despliega el servicio de conectividad de red, Connectivity Service Network (CSN) que provee la conectividad IP a los usuarios WiMAX para proveer estos servicios, un NSP establece acuerdos contractuales con uno o más NAP's, en el lugar de aplicación, los servicios WiMAX son entregados gracias a acuerdos contractuales con Proveedores de Servicios de Aplicaciones (ASP) y/o a través de una conexión directa al Internet.

Un NSP puede establecer acuerdos roaming con otros NSP's y acuerdos contractuales con proveedores de aplicaciones tales como los ASP's para proveer los servicios WiMAX a los suscriptores, de ahí que un usuario WiMAX puede ser unido a un Home NSP (NSP Local) o a un

⁴⁸Tomado de la página:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8166/1/An%C3%A1lisis%20Comparativo%20de%20la%20Operaci%C3%B3n%20y%20Rentabilidad%20de%20la%20Tecnolog%C3%ADa%20WIMAX.pdf>

- Visited NSP (NSP Visitante), un NSP con quién el NSP local tiene un acuerdo roaming.
- c) *ASP (Application Service Provider)*: Provee los servicios que agregan valor, tales como IMS (Servicios Multimedia sobre IP), acceso corporativo, etc.
 - d) *ASN (Access Service Network)*: Conocida como red de servicios de acceso, comprende una o más estaciones base y uno o más gateways ASN los cuales forman la red de acceso inalámbrica de borde.
 - e) *MS (Movil Station)*: Estaciones móviles, usadas por los usuarios para acceder a la red.
 - f) *CSN (Red de Servicios de Conectividad)*: El CSN, brinda conectividad a Internet, ASP, a otras redes públicas y/o redes corporativas, el CSN brinda seguridad y asegura el QoS a cada usuario, también es responsable por la dirección IP, soporta roaming entre diferentes NSP's, gestiona las ubicaciones entre los ASN's, así como también la movilidad y el roaming entre ellos.
 - g) *R1*: Ubicado entre MS y la ASN, incluye protocolos de administración.
 - h) *R2*: Ubicado entre MS y CSN, proporciona autenticación, autorización, configuración IP y gestión de movilidad.
 - i) *R3*: Ubicado entre ASN y CSN, soporta la aplicación de la política y la gestión de la movilidad.
 - j) *R4*: Ubicado entre dos ASN, soporta movilidad entre ASNs (inter ASN).
 - k) *R5*: Ubicado entre dos CSN, soporta "roaming" a través de múltiples NSP.

- l) *Unidad de Suscriptor (SU) O CPE (Customer Premises Equipment):* El CPE, es una unidad o equipo de telecomunicaciones que se instala para el usuario o suscriptor del servicio, se encuentran conectadas con el canal de comunicaciones del proveedor o portador de información y que permite que el usuario acceda a la red.

El equipo de usuario o CPE, es aquel que incorpora las funciones de la SS (Subscriber Station), identificadas en el funcionamiento de las redes Broadband Wireless Access (BWA), este equipo proporciona la conectividad vía radio con la estación base (BS).

El CPE consiste en una unidad exterior ODU (Outdoor Unit) como una antena y la unidad interna IDU (Indoor Unit) que constituye un módem, lo que significa que se requiere que personal calificado lo instale para que el abonado residencial o comercial esté conectado a la red, el CPE WiMAX actúa como otros modems de banda ancha tal como los modem DSL el cual podemos apreciar en la Imagen 3.3 mostrada a continuación.

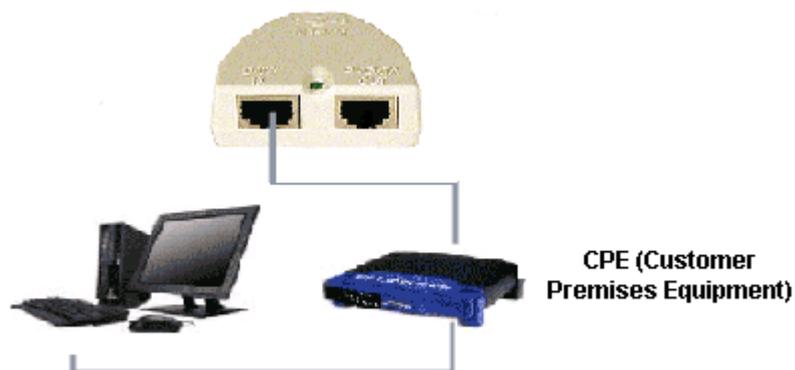


Imagen 3.3: Unidad CPE

- m) *Estación Base:* La estación base es un equipo generalizado que provee conectividad, administración y control determinados a la unidad del suscriptor (CPE), también proporciona los mecanismos de control y gestión de los equipos Subscriber Station (SS).

Los diseños de las estaciones bases varían en función del costo, desempeño y tamaño físico, pero podemos clasificarla ampliamente en dos categorías:

1. Macro
2. Micro

1. *Estación Base Macro*: Se asemeja a aquellas utilizadas en las redes celulares y su costo asciende decenas de miles de dólares, se tienen mayores capacidades ya que se utilizan múltiples sectores, debido a que cada sector opera independientemente cada uno requiere su enlace de radio, MAC, y banda base dedicados.

Para soportar la expansión de la red, la estación base macro emplea un diseño basado en chasis, los radio enlaces (antenas) pueden ser montados en una torre separados por una cierta distancia, en cuyo caso la estación base macro sólo incluye funciones digitales tal como MAC / banda base.

2. *Estación Base Micro*: La estación base micro sólo soporta un enlace de radio y posee el menor costo y desempeño, su costo está alrededor de los \$ 2000, pueden tener una configuración fija.

Debido a sus limitadas capacidades para expansión, son adecuadas para implementaciones de enlaces corrientes punto a punto o en redes con pocas estaciones de suscriptor.

- n) *Sistema de Gestión*: La arquitectura extremo a extremo de un sistema WiMAX utiliza el protocolo IP, lo cual posibilita tener una gestión completa de todos los componentes del sistema, esto lo podemos tener mediante el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol).

El sistema de gestión permite el monitoreo de otros componentes del sistema tal como switches, routers y otros equipos de transmisión.

3.4 MODELO DE REFERENCIA WIMAX

A continuación en la Imagen 3.4 se muestra el modelo de referencia asociado al estándar IEEE 802.16d, el mismo se compone de una capa MAC y una capa Física, donde la capa MAC se sub divide en 3 capas que serán revisadas a continuación.

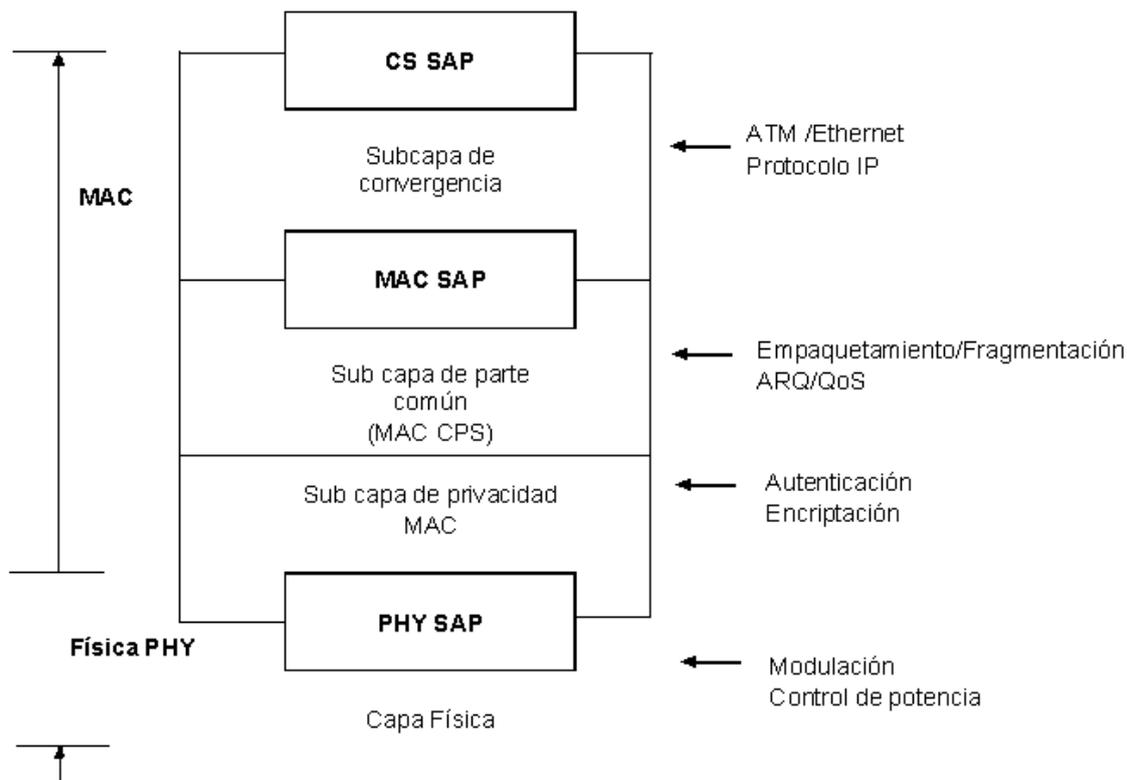


Imagen 3.4: Modelo de referencia WiMAX⁴⁹

3.4.1 CAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC) DE WIMAX

La capa de control de acceso al medio (MAC), proporciona la asignación dinámica de ancho de banda que elimina las usuales degradaciones de servicio inalámbrico.

⁴⁹Tomado de la página: http://www.citel.oas.org/newsletter/2006/marzo/banda-ancha_e.asp

La capa MAC que se encuentra sobre la PHY es responsable de controlar y multiplexar algunos enlaces sobre el mismo medio físico, fue diseñada para accesos a las aplicaciones Punto Multipunto (PMP) de banda ancha, con distinta variedad de requerimientos de calidad y servicio (QoS), por lo cual está orientada a la conexión.

La subcapa MAC de datos se subdivide en tres capas:

1. Service Specific Convergente Sublayer (CS)
2. MAC Common Part Sublayer (MAC CPS)
3. Privacy Sublayer (PS)

3.4.1.1 Subcapa de Convergencia de Servicios Específica (CS)

La subcapa de convergencia permite la transformación de cualquier tipo de datos externos a la red de la capa de transporte a una MAC, es flexible para llevar diverso tipo de tráfico de manera eficaz, la CS recibe paquetes de datos de las capas superiores, los paquetes de las capas superiores se los conoce como Unidades de Servicios de Datos (SDU) o Service Data Units.

La CS utiliza los servicios provistos por MAC CPS a través del MAC Service Access Point (SAP), además la CS realiza las siguientes funciones:

- Aceptar unidades de datos de protocolo (PDUs) provenientes de las capas superiores,
- Llevar a cabo la clasificación de los PDUs de las capas superiores,
- Procesar (si es necesario) los PDUs de las capas superiores de acuerdo a la clasificación realizada; y,
- Entregar los PDUs CS a los puntos de acceso al servicio (SAP) MAC apropiado, y recibir los PDUs CS de la entidad de par.

Actualmente, se proporcionan dos especificaciones en esta subcapa: una especificación de CS ATM (Modo de transferencia Asíncrono), y la especificación de CS paquete.

3.4.1.1.1 CS ATM

CS ATM, es una interfaz lógica que asocia diferentes servicios ATM con el SAP de la subcapa MAC CPS, la CS ATM acepta celdas ATM de la capa ATM, realiza la clasificación, PHS, y entrega los PDUs al SAP MAC apropiado.

Esta especificación está definida para soportar la convergencia de PDUs originados por el protocolo de capa ATM en una red ATM.

PHS.- (Payload Header Supression), es el proceso mediante el cual la porción repetitiva de las cabeceras del payload (carga útil) son suprimidas por la entidad emisora y restituida por la entidad receptora.

Una conexión ATM, es identificada por dos valores que son:

- VPI (Virtual Path Identifier), el cual puede ser una conmutación de ruta virtual (Virtual Path VP switched).
- VCI (Virtual Channel Interface), el cual puede ser una conmutación de canal (Virtual Channel VC switched).

En el modo de conmutación Virtual Path (VP), todos los VCIs dentro de un único VPI entrante son traducidos automáticamente a un VPI saliente.

En el modo de conmutación Virtual Channel (VC), los valores de VPI / VCI entrantes son individualmente traducidos a valores de VPI / VCI salientes.

De esta manera, al aplicar PHS (Payload Header Supression), CS ATM identifica el tipo de conexión y realiza la respectiva supresión.

3.4.1.1.2 CS Paquete (Packet CS)

El paquete CS realiza las siguientes funciones, utilizando los servicios MAC:

- Clasificación de las PDUs de los protocolos de capa superior para efectuar las conexiones apropiadas,
- Supresión de información de la cabecera del payload (opcional),
- Entrega de las PDUs CS a los SAP MAC asociados con el servicio de flujo de transporte del SAP MAC par,
- Recibo de la PDU CS del MAC SAP par; y,
- Reconstruir cualquier información suprimida en la cabecera del payload (opcional).

El paquete CS es utilizado para transportar todos los paquetes basados en protocolos tales como el Protocolo Internet (IP), Punto a Punto (PPP), y el estándar IEEE 802.3 (Ethernet).

3.4.1.2 Subcapa de Parte Común MAC (CPS)

La subcapa CPS reside en la mitad de la capa MAC, la CPS represente el núcleo del protocolo MAC y es la encargada de proporcionar la funcionalidad propia de MAC, es la base del sistema de acceso, asignación de ancho de banda, establecimiento y mantenimiento de la conexión así como direccionamiento.

Esta capa recibe información de varios CSs, a través de los SAPs MAC, clasificando las conexiones particulares, se aplica QoS para la transmisión de los datos y para facilitar la interoperabilidad los datos se encapsulan en un formato.

En una red donde el medio es compartido se proporcionará un mecanismo eficiente para compartir el medio, donde las redes inalámbricas PMP (punto a multi-punto) en dos vías en topología tipo malla, constituyen ejemplos de medio compartido inalámbrico.

En este caso el medio es el espacio a través del cual se propagan las ondas de radio.

La política de acceso al medio MAC se determina en función de la dirección de transmisión:

- Ascendente: DAMA – TDMA
- Descendente: TDM

3.4.1.3 Subcapa de Privacidad (PS)

MAC contiene además una sub capa que brinda a los usuarios seguridad privacidad a través de la red fija inalámbrica de banda ancha, mediante autenticación y encriptación de las conexiones entre BS y SS.

La SS usa el protocolo PKM (Key Management Protocol), que proporciona la distribución segura de los datos cifrados desde la BS a la SS, a través de este protocolo tanto la SS como la BS sincronizan los datos cifrados.

El protocolo PKM usa un modelo Cliente / Servidor, donde en la SS un Cliente PKM, solicita las claves y la BS, el Servidor PKM, responde a estos requerimientos, asegurando que los clientes individuales reciban las claves que ellos están autorizados.

3.4.2 CAPA FÍSICA (PHY)

La capa PHY establece la conexión física entre los dos lados (transmisor y receptor) de la comunicación a menudo en las dos direcciones (subida y bajada).

En un canal ideal, la señal recibida de un único camino permite construir en forma perfecta la señal transmitida, sin embargo en un canal real la señal recibida proviene de una combinación de réplicas atenuadas, reflejadas, refractadas y difractadas, sumando a todo esto ruido externo, y otros posibles efectos hacen que la señal resultante recibida sea distinta de la transmitida.

3.4.2.1 Función de la Capa Física

La Capa Física fue concebida para optimizar la operación de sistemas inalámbricos de banda ancha, que utilizan el ámbito de frecuencia de 2 a 11 GHz y que operan bajo la condición NLOS, es utilizada para el transporte físico de datos.

La Capa Física se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión, estos impulsos pueden ser eléctricos en una transmisión por cable o electromagnéticos en una transmisión sin cables, pero cuando se está en modo recepción de bits el trabajo es inverso ya que se encarga de transformar la señal transmitida en tramas de datos binarios que serán entregados al nivel de enlace.

3.4.2.2 Arquitectura de la Capa Física

Un sistema cuya arquitectura emplea el protocolo IEEE 802.16, se compone principalmente por una estación base (BS) y una o más estaciones suscriptoras SS (Subscriber Station), las cuales se comunican a través de un protocolo y estructuras de datos teniendo como punto de referencia la comunicación entre

la 802.16 MAC (Media Access Control address o Dirección de Control de Acceso al Medio) y 802.16 OFDM PHY (Capa Física del Modelo OSI).⁵⁰

3.4.2.3 Técnicas de bilateralidad

Estas técnicas son:

- FDD: Frequency Division Duplexing
- TDD: Time Division Duplexing

3.4.2.3.1 Duplexación por División de Frecuencia (FDD)

Los Sistemas Dúplex por División de Frecuencia (FDD), transmiten en una frecuencia y reciben en otra, es decir utilizan una banda de frecuencia para la transmisión y otra banda de frecuencia para la recepción, esto quiere decir que una BS puede recibir tráfico de subida mientras transmite simultáneamente tráfico de bajada.

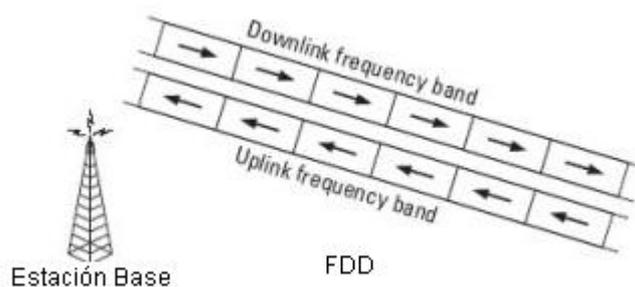


Imagen 3.5: Modelo de referencia WiMAX⁵¹

3.4.2.3.2 Duplexación por División de Tiempo (TDD)

Los sistemas Dúplex por División de Tiempo (TDD), transmiten y reciben sobre la misma frecuencia en diferentes momentos, lo cual quiere decir que un

⁵⁰Tomado de la página: http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Carmen_Carolina.pdf

⁵¹Tomado de la página: http://www.eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb07_II/pb0703t.pdf

sistema transmite y recibe dentro del mismo canal de frecuencia asignando períodos de tiempo para la transmisión y recepción.

Su principal desventaja constituye la necesidad de sincronización de las BS, y las unidades de suscriptor (SU), se requiere coordinación entre los operadores TDD, también se tiene bandas más amplias por lo cual es más adecuado para manejo de tráfico simétrico.

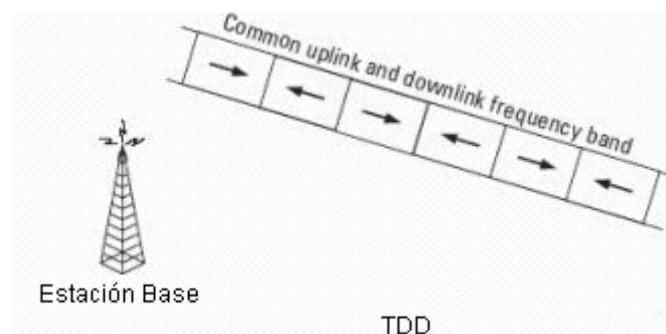


Imagen 3.6: Modelo de referencia WiMAX⁵²

3.4.2.4 Esquemas de Modulación

3.4.2.4.1 Modulación Adaptiva

La característica clave de la modulación adaptiva es el de ajustar el esquema de modulación de la señal dependiendo de la condición del índice de señal a ruido (SNR) del radio enlace.

El uso de la modulación adaptiva permite que un sistema inalámbrico pueda escoger el orden de modulación en función de las condiciones del canal, para el caso de WiMAX, a mayor distancia de la estación base menor es el orden de modulación, durante el desvanecimiento de una señal, los sistemas WiMAX pueden cambiar al esquema de modulación más bajo para mantener la calidad de conexión y la estabilidad del enlace, de esta forma cuando el usuario se

⁵²Tomado de la página: http://www.eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb07_II/pb0703t.pdf

encuentre lejos de la estación base y con mayor interferencia solo será posible utilizar una modulación de bajo orden tal como QPSK⁵³, cuando el usuario se encuentre más cerca de la estación base es posible utilizar técnicas de modulación de mayor orden como es el caso de 16 QAM⁵⁴ o inclusive 64 QAM mejorándose así la velocidad de transmisión.



Imagen 3.7: Modelo de referencia WiMAX⁵⁵

3.4.2.4.2 Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Es un esquema de modulación digital en banda base que combina asignación de diferentes amplitudes y fases para cada símbolo, se puede considerar una extensión de PSK.⁵⁶

Si la estación base no puede establecer un enlace robusto a un abonado distante usando el esquema de modulación de mayor orden 64 QAM, el orden de modulación se reduce a 16 QAM o QPSK, lo cual reduce la tasa de transferencia e incrementa el rango efectivo.

⁵³QPSK: Clave de Desplazamiento de Cuadratura de Fase, es una forma de modulación en la que la señal se envía en 4 fases de 45, 135, 225 y 315 grados, ofrece misma eficiencia de potencia usando la mitad de ancho de banda

⁵⁴QAM: Modulación de Amplitud en cuadratura, es una técnica de modulación digital que transporta datos

⁵⁵Tomado de la página: <http://profesores.fi-b.unam.mx/wireless/modadap.htm>

⁵⁶PSK: Método de Modulación de Fase, en el cual un valor lógico de uno o más bits es representado por un cambio de fase en la señal portadora

3.4.2.5 OFDM (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal)

Es una técnica de multiplexación multiportadora, que ha resurgido en la actualidad por sus aplicaciones de transmisiones inalámbricas, divide el espectro disponible en muchas portadoras cada una de ellas modulada por un tren de datos de baja velocidad, OFDM corresponde a uno de los por qué WiMAX puede ofrecer enlaces de alta velocidad con resistencia a desvanecimientos por multitrayectorias e interferencias.

OFDM, se encuentra basado en la multiplexación por división de frecuencia (FDM), la cual es una tecnología que hace uso de múltiples frecuencias para transmitir múltiples señales simultáneamente en paralelo.

OFDM, utiliza el espectro de manera mucho más eficiente que FDM, dado que cada portadora es ortogonal a las demás, permitiendo que las mismas puedan alojarse muy juntas sin riesgos de que se interfieran entre sí, la diferencia básica entre OFDM y FDM es la forma en que las señales se modulan y desmodulan, lo cual se muestra a continuación en las Imágenes 3.8 y 3.9.

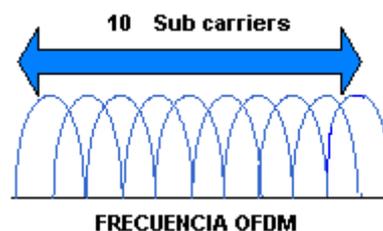


Imagen 3.8: Frecuencia OFDM

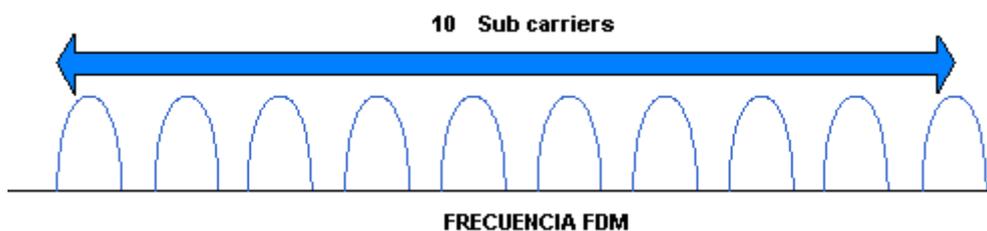


Imagen 3.9: Frecuencia FDM

La prioridad en OFDM se le da a la minimización de interferencias o cruces entre los canales y símbolos en flujo de datos, se le da menos importancia al perfeccionamiento de los canales individuales.

OFDM se presta para el envío de señales de televisión digital, debido a que se encuentra considerado como una forma de obtener transmisión de datos a alta velocidad sobre las líneas convencionales de teléfono, debido a que un sistema OFDM necesita menos ancho de banda que FDM para transportar la misma cantidad de información lo que traduce en mayor eficiencia espectral.

3.4.2.5.1 OFDM en WiMAX

OFDM utiliza 256 sub-portadoras, de las cuales 192 son utilizadas para datos, 8 son pilotos y 56 son nulas, las sub-portadoras pilotos son utilizadas como referencia para minimizar los desplazamientos de frecuencia y fase, cada sub-portadora de datos podría encontrarse en encendido (1) o apagado (0), para indicar un bit de información y es aquí donde PSK y QAM son utilizados para incrementar la velocidad de datos.⁵⁷

El estándar IEEE 802.16d recomienda que se utilice OFDM de 256 puntos de transformada, lo que significa que hay 256 subcarriers disponibles para su uso en un solo canal.

3.4.3 CALIDAD DEL SERVICIO EN WIMAX

WiMAX, posee varias características que le permiten cumplir con los requerimientos de QoS (Quality of Service), para una gran cantidad de servicios y aplicaciones, entre ellas la capacidad de manejar tráfico Up Link/Down Link, asimétrico y el poseer un mecanismo flexible de asignación de recursos.

⁵⁷Tomado de la página: <http://toip.uchile.cl/mediawiki/upload/e/e5/AnexoFG-Marcomun.pdf>

Los mecanismos utilizados para la capa MAC de WiMAX proveen diferenciación de QoS para soportar las necesidades de diferentes aplicaciones así como voz y video los cuales requieren baja latencia y toleran alguna tasa de error pero las aplicaciones de datos no toleran tasa de error.

WiMAX, en su capa MAC tiene como filosofía la petición, asignación de ancho de banda, con distintas variantes (asignación por conexión, asignación por terminación de cliente CPE), pudiendo ser esta asignación en tiempo real, no tiempo real o en régimen del mejor esfuerzo.

También existe la asignación de banda solicitada, si el sistema entiende que es necesaria, este mecanismo ofrece calidad de servicio (QoS) y clases de servicio (CoS) en ancho de banda y latencia.

3.4.3.1 Técnicas de Control de Errores (FEC)

Las técnicas de corrección de errores (FEC), han sido incorporadas a WiMAX para reducir los requisitos del sistema en cuanto a la relación señal a ruido.

Es una técnica que no requiere que el transmisor retransmita la información que un receptor usa para corregir errores que ocurren durante una transmisión, sin FEC la corrección de errores requeriría la transmisión de bloques enteros produciendo de esta manera pérdida en la calidad del servicio de WiMAX.

3.4.3.2 Control de Potencia

A fin de mantener la calidad del radio enlace entre el CPE y la Estación Base (BS) y controlar la interferencia en el sistema en general, el mecanismo de control de potencia es soportado para el enlace de subida con ambas calibraciones iniciales y un procedimiento periódico de ajuste, sin pérdida de datos.

La estación base usa el enlace de subida con las transmisiones provenientes de las estaciones de los usuarios para estimar los ajustes inicial y periódicos de control de potencia.

3.4.4 PROPAGACIÓN LOS vs. NLOS

3.4.4.1 Propagación LOS

En un enlace LOS, una señal viaja a través de un camino directo y sin obstáculos desde el transmisor al receptor, el enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel (60%), esté libre de cualquier obstrucción, si este criterio no se cumple, entonces se produce una significativa reducción en el nivel de intensidad de la señal recibida.

Con el modelo de propagación NLOS para conseguir comunicarnos a una distancia D con una señal portadora de frecuencia f , debemos conseguir que la altura r de la primera zona de Fresnel esté libre de obstáculos.

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

Donde:

D : distancia en Kilómetros

f : frecuencia en GHz

r : altura en metros

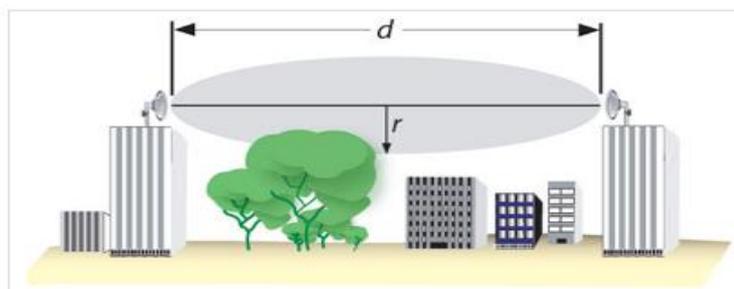


Imagen 3.10: Zona LOS de Fresnel⁵⁸

⁵⁸Tomado de la página: <http://asterion.almadark.com/2008/11/30/las-zonas-fresnel-y-el-alcance-de-los-equipos-de-radio-frecuencia/>

3.4.4.1.1 Zona Fresnel

La Zona Fresnel⁵⁹ para una señal de radio en un área elíptica alrededor de la línea visual, varía dependiendo de la longitud de la línea y de la frecuencia de la señal.

Es el área alrededor del campo visual por el que se difunde una onda luego de ser emitida por una antena.

Cuando un objeto grande queda dentro de la Zona Fresnel, se produce una difracción que causa que la señal reflejada alcance la antena receptora un poco más tarde que la señal directa, como esta señal reflejada está fuera de fase respecto a la señal directa, puede reducir su potencia e incluso cancelar la señal.

Si los obstáculos son blandos como árboles u otros similares, la señal se atenúa lo cual quiere decir que se reduce la calidad.

Fresnel indica que se debe tener visibilidad directa entre antenas, por lo cual definió una serie de zonas tal como:

- La zona 1 contribuye positivamente a la propagación de la onda
- La zona 2 contribuye negativamente
- La zona 3 contribuye positivamente a la propagación de la onda, y así sucesivamente.

Es decir, las zonas impares contribuyen positivamente y las pares negativamente, además la primera zona concentra el 50% de la potencia de la señal por lo que debemos procurar que llegue lo más íntegra posible al receptor.

⁵⁹Zona Fresnel: Área donde se difunde una onda luego de ser emitida por una antena

La solución más factible para el efecto Fresnel es elevar las antenas, pero evidentemente esto no siempre es posible y se produce el problema típico de tener línea de vista pero el enlace no siempre puede funcionar.

3.4.4.2 Propagación NLOS

En un enlace NLOS, una señal alcanza al receptor a través de reflexiones, difracciones y dispersiones, la señal que llega al receptor está formada por una composición de señales que llegan a través de las anteriores formas de propagación (reflexiones, dispersiones y difracciones), estas señales tienen diferentes retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativa frente a la señal que se transmite por el camino directo.

El modelo de probación NLOS podemos apreciarlo en la Imagen 3.11 mostrada a continuación.

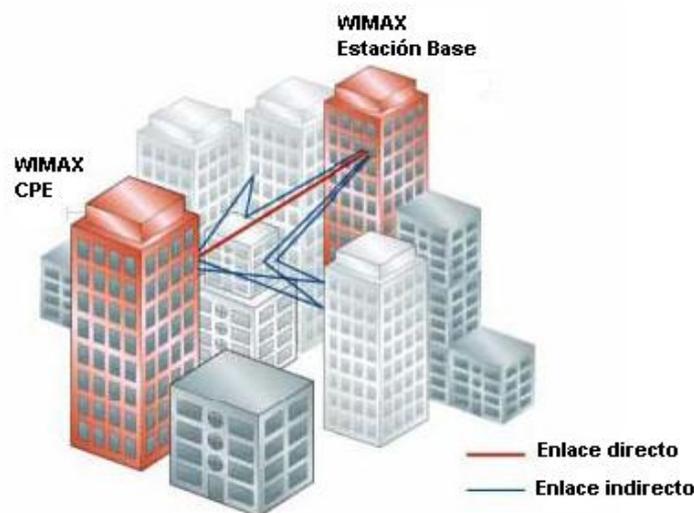


Imagen 3.11: Modelo de propagación NLOS⁶⁰

⁶⁰Tomado de la página: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4507/1/sanchez.pdf>

3.4.5 TOPOLOGÍAS WIMAX

Dentro de WiMAX, se contemplan infraestructuras punto a punto PTP (para backhuals o radioenlaces), punto multipunto PMP (para acceso a última milla) y la topología malla (Mesh).

3.4.5.1 Punto a Punto (PTP)

La topología PTP es la que puede identificar dos elementos que se comuniquen entre ellos (transmisor y receptor), el estándar define esta topología como una variante de la topología PMP.

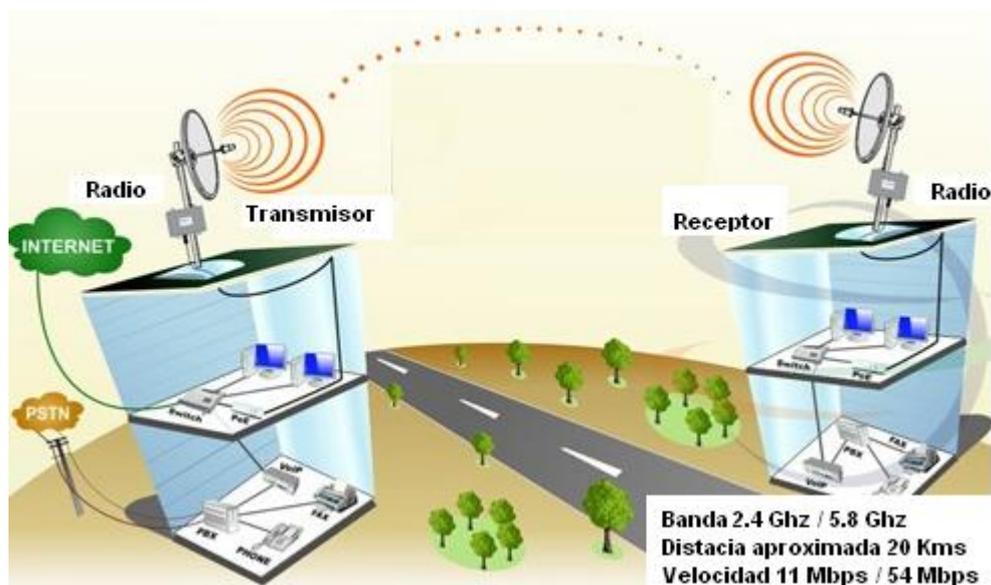


Imagen 3.12: Topología Punto a Punto en Wimax⁶¹

3.4.5.2 Punto Multipunto (PMP)

La topología y arquitectura de red identificada en el IEEE 802.16, define los elementos Estación Base (BS) y Estación Suscriptor (SS), donde la BS es el único transmisor funcionando en down-link, de manera que transmite sin

⁶¹Tomado de la página: <http://www.fortis.com.mx/gfortis/productos/Wireless.php>

necesidad de coordinar con otras estaciones, excepto por la duplexación por división de tiempo que puede dividir en períodos de transmisión de enlace de subida (up-link) y enlace de bajada.

Las transmisiones en el enlace de bajada, suelen ser broadcast, de forma que todas las estaciones de usuario reciben toda la información y escogen la que sea dirigida a ellos.

La SS permite al usuario acceder a la red por medio del establecimiento de conexiones de la BS, en el enlace de subida (uplink, UL) las estaciones de suscriptor (SS) comparten el enlace de subida hacia la estación base (BS) mediante mecanismos de gestión bajo demanda, dependiendo del tipo de servicio utilizado, la SS puede mantener los derechos de transmisión o éste puede ser garantizado por la BS luego de recibir el pedido por parte del usuario.



Imagen 3.13: Topología Punto Multipunto en Wimax⁶²

⁶²Tomado de la página: <http://www.fortis.com.mx/gfortis/productos/Wireless.php>

3.4.5.3 Topología Malla (Mesh)

Como alternativa a la topología PMP, el estándar especifica la topología Mesh, en la cual una SS se puede conectar a una o más SS intermediarias, hasta alcanzar la BS, en este último caso se trata de una red multi-salto, e incluso el tráfico en Mesh puede incurrir directamente entre SS, estas son las diferencias principales entre PMP y Mesh, puesto que en PMP el tráfico sólo ocurre entre la BS y el SS.

Los sistemas de la red Mesh son denominados nodos, dentro de un contexto tipo Mesh, tanto el enlace de subida como el enlace de bajada son definidos como tráfico en la dirección de la BS tipo Mesh y tráfico fuera de la BS tipo Mesh, respectivamente.

Existen 3 términos importantes en un sistema tipo Mesh que son:

- Vecino
- Vecindario
- Vecindario extendido

Las estaciones con las que el nodo tiene vínculo directo son llamados vecinos, los vecinos de un nodo deben formar un vecindario, un vecino de nodo es considerado estar a un salto del nodo, un vecindario extendido contiene todos los vecinos de un vecindario.

La BS tipo Mesh debe coleccionar los requerimientos de recursos provenientes de todas las SS tipo Mesh dentro de cierto rango de salto, debe determinar la cantidad de recursos garantizados para cada enlace en la red en el enlace de bajada y en el enlace de subida, comunican estas garantías a todas las SS tipo Mesh dentro del rango de saltos, los sistemas tipo Mesh son típicamente omnidireccionales o para antenas dirigidas de 360°.

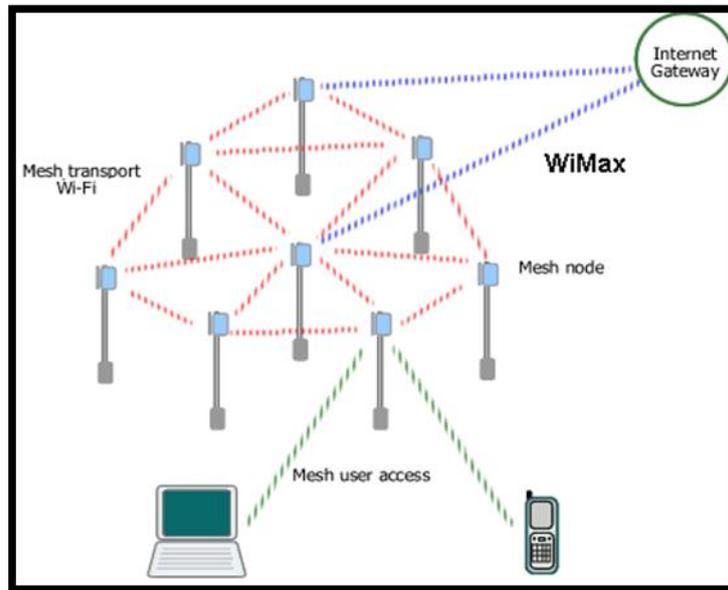


Imagen 3.14: Topología Punto Multipunto en WiMax⁶³

3.4.6 WIMAX EN ECUADOR

En el Ecuador existen actualmente tres operadoras que se encuentran proporcionando el acceso al servicio WiMAX:

- La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT)
- Grupo TV Cable
- EcuadorTelecom (Telmex)

La CNT, a fin de cubrir las necesidades tecnológicas presentadas actualmente en varios lugares del Ecuador, oficializó el lanzamiento de la infraestructura WiMAX, tecnología que cuenta con una red digital de alta capacidad de transporte y de alta calidad, bajo este esquema de conexión inalámbrica la CNT garantiza acceso al servicio de telefonía e Internet, en ciudades de Quito, Loja y Machala.

Adicionalmente CNT ha dado a conocer que al interior de la empresa, se ha reducido significativamente el robo de cables y fibra óptica.⁶⁴

⁶³Tomado de la página: <http://www.redesmesh.com/sobre-nodalis-por-que-una-red-mesh-o-mallada.htm>

El Grupo Tv Cable actualmente ha desplegado el estudio e implementación de la tecnología WiMAX principalmente en la ciudad de Guayaquil (se tienen instaladas cuatro radiobases WiMAX, ubicadas en el Cerro Jordán, Cerro Mapasingue, Los Almendros y el edificio Forum); con la ayuda de esta tecnología suprimió los problemas de acceso a última milla a lugares que eran inalcanzables con su red alámbrica tal como en los sectores de Prosperina, Mapasingue, Vía Daule Km 14, los Ceibos, etc.

Telmex, tiene un proyecto para proveer Internet, y Voz con WiMAX utilizando infraestructura de la operadora de SMA CONELEC S.A (Porta), para ubicar sus estaciones base, teniendo así una cobertura completa en todo el Ecuador ya que Porta tiene alrededor de 150 radio bases en cada ciudad principal, la cobertura WiMAX será muy similar a la red GSM, de esta manera no existirá la necesidad de instalar una antena en el exterior de cada casa, ya que bastará con tener un receptor dentro de cada hogar para recibir la señal.⁶⁵

3.4.7 BANDAS DE FRECUENCIA

Actualmente WiMAX está enfocado en porciones del espectro que están en el rango de 2 a 6 GHz, bandas centimétricas donde el rango de los anchos de banda asignados son estrechos en comparación con los anchos de banda asignados entre 10 a 60 GHz bandas milimétricas.

Las bandas milimétricas al tener bandas más amplias acomodan mejor cantidad de información, por lo que estas son usadas para líneas de vista (LOS) y gran tasa de datos, mientras que las bandas en centímetros tienen muy buen desempeño para multipuntos, (NLOS) y distribución en la última milla.

⁶⁴Tomado de la página:

http://www.cnt.com.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=77&Itemid=100

⁶⁵Tomado de la página:

[http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8166/1/Análisis Comparativo de la Operación y Rentabilidad de la Tecnología WIMAX.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8166/1/Análisis%20Comparativo%20de%20la%20Operación%20y%20Rentabilidad%20de%20la%20Tecnología%20WIMAX.pdf)

3.4.7.1 Espectro sin licencia

En la mayoría de los mercados, el espectro que no requiere licencia y que podría emplearse por WiMAX es 2.4 GHz y 5.8 GHz, debido a que el espectro no requiere licencia, la barrera para ingresar es baja, por lo que hace más fácil que un posible operador comience a ofrecer servicios empleando el espectro.

Desafortunadamente, también existen varias desventajas relacionadas con el uso del espectro que no requiere licencia.

3.4.7.1.1 Interferencias

Debido a que el espectro que no requiere licencia puede ser utilizado por varios sistemas diferentes de Radio Frecuencia (RF), hay altas probabilidades de que ocurran interferencias.

Los sistemas de RF que no requieran de licencia pueden incluir teléfonos inalámbricos o Bluetooth (solo 2.4 GHz), tanto WiMAX como Wi-Fi soportan la DFS (Selección Dinámica de Frecuencia) que permite que se utilice un nuevo canal si fuera necesario por ejemplo, cuando se detectan interferencias.

No obstante, DFS también puede introducir una mayor latencia que a su vez afecta las aplicaciones en tiempo real como VoIP.

3.4.7.1.2 Mayor competencia

Los operadores que utilizan el espectro que no requiere licencia deben asumir que otro operador fácilmente ingrese en el mercado empleando el mismo espectro.

En gran medida, el número relativamente alto de puntos de acceso Wi-Fi se debe a este hecho, no obstante los gastos de capital relacionados con la instalación de un punto de acceso Wi-Fi de carácter comercial son

relativamente triviales en comparación con el costo relacionado con desplegar una red WiMAX, que podría ser equivalente al costo de desplegar una red celular.

3.4.7.1.3 Potencia limitada

Otra desventaja del espectro que no requiere licencia es que los entes reguladores del gobierno por lo general limitan la cantidad de potencia que puede transmitirse.

Esta limitación es especialmente importante en 5.8 GHz, donde la mayor potencia podría compensar la pérdida de propagación relacionada con el espectro en frecuencias más altas.

3.4.7.1.4 Disponibilidad

Mientras el espectro de 2.4 GHz está disponible universalmente, en la actualidad el espectro 5.8 GHz no se encuentra disponible en varios países, dadas estas desventajas, los operadores evaluarán cuidadosamente el uso potencial del espectro que no requiera licencia, en particular 2.4 GHz, antes de instalar una red pero existen excepciones entre las que se incluyen las regiones rurales o remotas, donde hay menos probabilidades de interferencia y competencia.

3.4.7.2 Espectro con licencia

El espectro que requiere licencia tiene un precio potencialmente alto, en especial cuando la oferta de servicio requiere una alta calidad del mismo.

La mayor ventaja de tener el espectro que requiere licencia es que el licenciataria tiene uso exclusivo del espectro, lo cual quiere decir que se encuentra protegido de la interferencia externa.

Dentro del espectro que requiere licencia se encuentran las bandas: 700 MHz, 2.3 GHz, 2.5 GHz y 3.5 GHz, dentro de esta última banda de los 3.5 GHz trabaja la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT, a la cual se le ha asignado el bloque A de (3.400 GHz a 3.425 GHz) y A' de (3.500 GHz a 3.555 GHz) para la explotación del estándar WiMAX 802.16d.⁶⁶

3.4.7.3 Asignación del Espectro en la Banda de 2.4 y 5.8 GHz

La atribución de las bandas de frecuencia está a cargo de la SENATEL⁶⁷, la misma que se encarga de determinar mediante normas los diferentes tipos de radiodifusión en los diferentes espectros de frecuencia.

En este estudio, es necesario saber la atribución de radiofrecuencia en las bandas libres para el rango de 2.4 y 5.8 GHz.

A continuación en las Imágenes 3.14 y 3.15 se determinará por medio de colores los diferentes tipos de aplicación en este rango del espectro radioeléctrico.

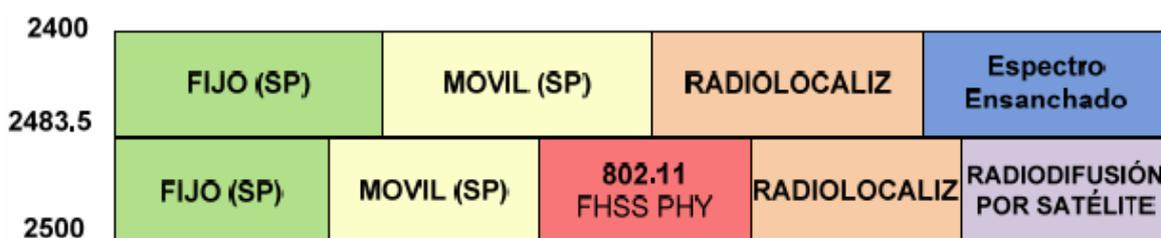


Imagen 3.15: Atribución del Espectro Radioeléctrico del Ecuador para la frecuencia 2.4 GHz⁶⁸

⁶⁶Tomado de la página: <http://bibdigital.epn.edu.ec/dspace/bitstream/15000/379/1/CD-0332.pdf>

⁶⁷SENATEL: Secretaria Nacional de Telecomunicaciones

⁶⁸Tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=152&Itemid=1

5	FIJO	MOVIL salvo móvil aeronáutico	RADIOASTRO.	Investigación Espacial
5.15	RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA			
5.25	RADIONAV. AERONÁUTICA		FIJO POR SATÉLITE	
5.35	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA	RADIOLOCALIZACION		INVESTIGACIÓN ESPACIAL
5.46	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA	RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA		RAdiocalización
5.47	RADIONAVEGACIÓN		Radiocalización	
5.65	RADIONAVEGACIÓN MARITIMA		Radiocalización	
5.725	RADIOLOCALIZACIÓN	Aficionados		Investigación Espacial
5.83	RADIOLOCALIZACIÓN	Aficionados		Espectro Ensanchado
5.85	RADIOLOCALIZ.	Aficionados	Aficionados por Satélite	Espectro Ensanchado
5.925	FIJO	FIJO POR SATÉLITE	MÓVIL	Aficionados Radiocaliza.

Imagen 3.16: Atribución del Espectro Radioeléctrico del Ecuador para la frecuencia 5.8 GHz⁶⁹

3.4.8 APLICACIONES Y SERVICIOS EN WIMAX

Los usuarios empresariales de WiMAX requieren una solución integral a sus necesidades de tráfico de datos, telefonía fija y móvil, primando aspectos como la seguridad y la disponibilidad del servicio, los usuarios residenciales buscan ofertas que combinen telefonía y conectividad con aspectos relacionados con el entretenimiento, lo que explica la introducción de televisión en las ofertas de los operadores, dando lugar a las denominadas ofertas integradas “*Triple Play*”.

⁶⁹Tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=152&Itemid=164

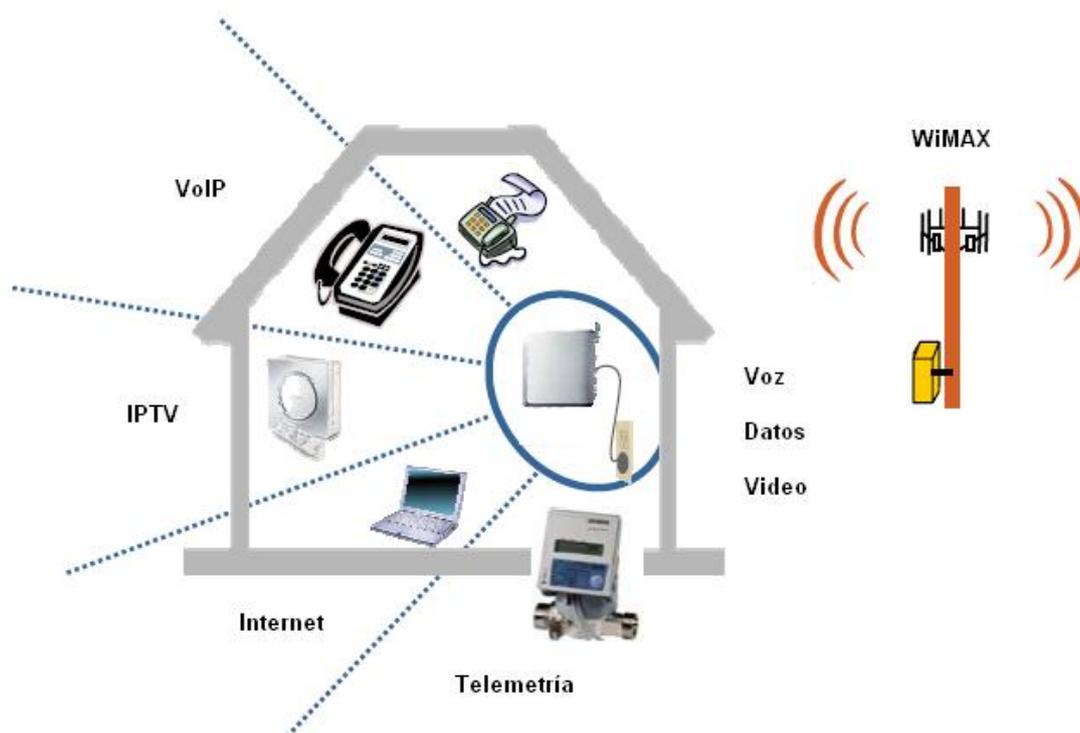


Imagen 3.17: Uso actual de los sistemas WiMAX⁷⁰

3.4.8.1 WiMAX (802.16) para IPTV

Es una tecnología emergente para conectividad de banda ancha en última milla, la cual promete al usuario una opción de acceso a la programación de televisión en laptops, por medio de una conexión de banda ancha en cualquier lugar del mundo.

3.4.8.1.1 Envío de la señal de IPTV en WiMAX

Cuando hay objetos que se interpongan entre la antena y el receptor, se transmiten las ondas a bajas frecuencias (entre los 2 y los 11 GHz) para no sufrir interferencias por la presencia de objetos, esto hace que el ancho de banda disponible sea menor.

⁷⁰Tomado de la página:

<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/eventos/milla/exposiciones/WiMAX%20-%20Aplicaciones%20y%20Servicios.pdf>

Las antenas que ofrecen este servicio tendrán cobertura de 65 Km², como los teléfonos móviles, cuando no existen objetos que se interpongan entre la antena y el receptor se transmiten las ondas a muy alta frecuencia de 66 GHz, disponiendo de un gran ancho de banda, las antenas que ofrecen este servicio tendrán cobertura de hasta 9.300 Km².⁷¹

Los usuarios normales, serán usuarios del primer servicio que opera a bajas frecuencias, en este servicio, se va a notar diferencia con el WiFi de ahora en dos aspectos fundamentales:

- La velocidad llega hasta los 70 Mbps
- La señal es favorable hasta en 50 Km con condiciones atmosféricas favorables.⁷²

3.4.8.2 WiMAX (802.16) para VoIP

La simetría de las conexiones, unida a bajos retardos permite que esta red sea completamente válida para despliegue de servicios en tiempo real como la VoIP.

La Voz sobre IP consiste en el transporte de voz sobre streams de datos independientemente del medio de comunicación, hace posible que la señal de voz viaje a través del Internet empleando un protocolo IP, esta señal puede ser transmitida y recibida a través de PC's, laptops, teléfonos IP, es decir, donde se pueda utilizar una dirección IP.

3.4.8.2.1 Funcionalidad de VoIP en WiMAX

Al realizarse la digitalización de la voz, el sistema examina la información recientemente convertida a digital para determinar si contiene la señal de la voz o el ruido del ambiente, desechando de esta manera paquetes que no

⁷¹Tomado de la página:

<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1100/5/10922CAP3.pdf>

⁷²Tomado de la página: <http://www.slideshare.net/geal2222/wimax-1512663>

contengan discurso, posteriormente los algoritmos complejos son empleados para reducir la cantidad de información que se debe enviar al otro extremo.

Después de la compresión, la voz debe ser empaquetada y agregada a protocolos de señalización VoIP, los protocolos se agregan al paquete para facilitar su transmisión a través de la red.

3.4.8.3 Telemetría en WiMAX

Mediante WiMAX se provee la capacidad de obtener y enviar datos como video digital que permite, en el campo de seguridad, que unidades móviles dispongan a tiempo real toda la información necesaria y de un completo control de las instalaciones por lo cual las aplicaciones de telemetría son utilizados para el control y gestión remota de determinados parámetros de distintos dispositivos tal como vehículos, sensores, válvulas, estaciones meteorológicas, etc.

Con los adelantos en tecnología, la telemetría ha separado sus alas a otros campos, originalmente, los datos fueron retransmitidos sobre infraestructura alámbrica, pero la telemetría moderna utiliza más comúnmente la transmisión de radio y la tecnología de comunicación inalámbrica para la transmisión de información, el establecimiento de una red sin hilos sin la restricción de los alambres que conectaban el transmisor y el receptor ha catapultado los usos potenciales de las soluciones de la telemetría, que proporciona los medios para transmitir la información fisiológica o biológica a partir de un sitio a otro para la colección de datos.

3.5 SEGURIDAD EN WIMAX

El mayor inconveniente que existe en las redes de acceso inalámbrico de banda ancha es la seguridad, como cualquier otra red de comunicación que desea mantener su información segura, los sistemas WiMAX necesitan aplicar medidas para asegurar la privacidad de sus usuarios finales y prevenir el

acceso a información confidencial o sensible a personas que no están autorizadas.

3.5.1 POLÍTICAS DE SEGURIDAD

Las políticas de seguridad deben estar alerta para detectar amenazas en los medios físicos y no únicamente a ataques remotos a Internet, el administrador de la red debe tener una política para tener el control de todos los usuarios que ingresan a la central.

3.5.1.1 Tecnologías de Seguridad

3.5.1.1.1 Proxy, Server y Firewalls

La primera línea de defensa del administrador de la red es el Firewall, pero no son considerados como una solución segura, estrechamente relacionados con los Firewalls y muchas veces incluidos en la categoría están los Proxy Server.

El Proxy Server protege la información vital y programas para los enlaces externos, evitando cualquier daño que los ataques a la red puedan ocasionar, es decir el Proxy Server trabaja como un respaldo.

3.5.1.1.2 Programas de Diagnóstico

Detecta la presencia de código malicioso y la actividad inusual en la red, este software puede ser dividido en dos divisiones primarias:

- Auditoría para determinar la vulnerabilidad total de la red
- Software usado para detectar anomalías rutinariamente

En ambos casos se debe estar actualizando constantemente el software para que sea efectivo ya que los hackers siempre están buscando nuevas maneras de camuflar sus identidades para poder acceder a la red.

3.5.1.2 Protocolos de Privacidad en WiMAX

La privacidad en WiMAX está compuesta por dos protocolos que son:

- Protocolo de encapsulamiento de datos
- Protocolo de administración de llaves de privacidad

El protocolo de encapsulamiento de datos se encarga del encriptamiento de los paquetes de datos que circulan por la red inalámbrica de banda ancha WiMAX, la encriptación se aplica a la MAC PDU y los mensajes de administración MAC se envían en texto sin encriptar para facilitar el funcionamiento de la MAC.

El protocolo de administración de llaves de privacidad, proporciona la manera segura la manera de distribuir las llaves de datos desde la BS a las SUs, las cuales se sincronizan a través de este protocolo, la SU utiliza este protocolo para la autorización y tráfico de llaves desde la BS.

Este protocolo de administración de llaves de privacidad se basa en un modelo cliente servidor, donde SU requiere material codificado y la BS responde a estas solicitudes.

3.6 WIMAX COMO LA MEJOR ALTERNATIVA

Tomando en cuenta todas las características y prestaciones citadas anteriormente, la tecnología escogida para el diseño de la red de banda ancha inalámbrica para brindar el servicio de acceso al Internet a la Urbanización PIN es WiMAX y para certificar la selección realizada, se señalan las siguientes características:

- Número máximo que puede ser atendido por una antena transmisora WiMAX, trabajando en frecuencias 2.4 GHz y 5.8 GHz en bandas no licenciadas es de 512 cifrados de datos lo cual quiere decir 512 usuarios, número superior a la cantidad de posibles usuarios de la Urbanización PIN, por lo que no existirían problemas de demanda no satisfecha,
- La potencia de transmisión es de hasta 21 dBm con un mecanismo automático de control de potencia de transmisión conocido como ATPC, entregando una buena calidad de servicios de voz y video en tiempo real con baja latencia (de 5 a 7 milisegundos),
- Con una modulación OFDM, se tiene alta capacidad y rendimiento bajo condiciones sin línea de vista NLOS,
- WiMAX soporta diferentes arquitecturas, tal como Punto a Punto, Punto Multipunto y Mesh y una cobertura ubicua, es decir una cobertura en cualquier momento y en cualquier lugar,
- WiMAX requiere muy poca infraestructura externa en comparación con excavaciones requeridas para la tecnología de cableado,
- WiMAX se encuentra basado en normas internacionales que lo hacen fácil de usar para usuarios finales en la estación del abonado o con proveedores de diversos servicios,
- La interoperabilidad permite a los operadores seleccionar equipos de diferentes marcas y como resultado de la interoperabilidad bajan los costos; y,
- WiMAX se encuentra basado en un estándar abierto internacional y la producción en grandes cantidades de chipsets (economía de escala), se permite la estabilización en los costos de servicio.

3.7 ESTRUCTURA DE LA RED DISEÑADA

Es necesario conocer que el enlace a utilizarse para el diseño de red, permitirá la transmisión de datos, con frecuencia de funcionamiento sobre los 2.4 GHz y los 5.8 GHz; por lo que se realizarán los cálculos necesarios para determinar cuál de las dos frecuencias es la más idónea para establecer el enlace directo desde el Cerro Gatazo hasta la Urbanización PIN, el cual tendrá tecnología Spread Spectrum y modulación OFDM con tecnología Punto Multi Punto (PMP).

En la Imagen 3.18 se presenta un mapa con la ubicación geográfica de la Urbanización PIN, lugar al cual se desea dar la cobertura de acceso al servicio de Internet.

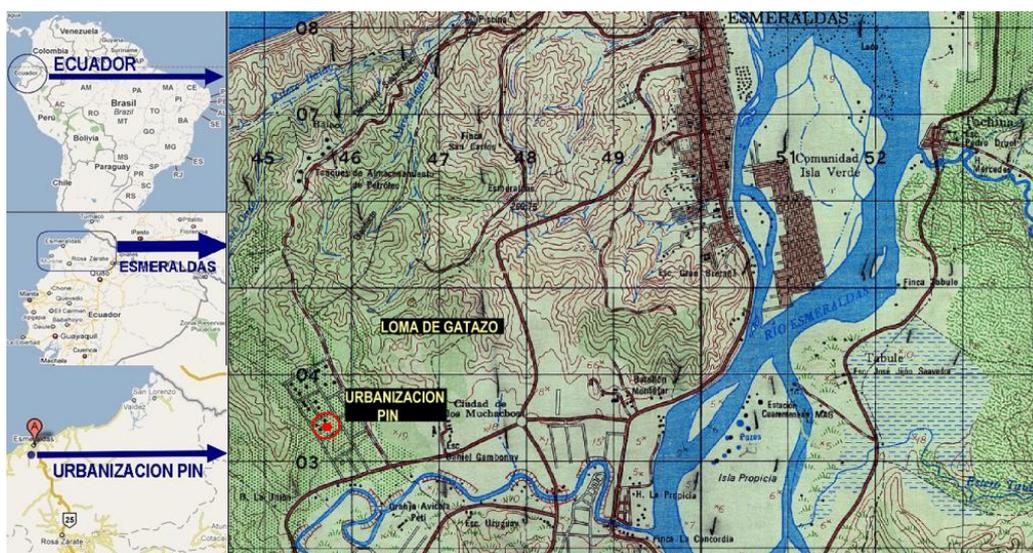


Imagen 3.18: Ubicación Urbanización PIN, ciudad de Esmeraldas

Cabe señalar que la zona a la cual se desea dar cobertura se encuentra a 3.5 Km de distancia del Cerro Gatazo, que es el lugar donde se sugiere ubicar el transmisor para alcanzar una cobertura eficiente en el diseño.

3.7.1 ÁREA DE COBERTURA

El diseño de la red tendrá un área de cobertura en toda la Urbanización PIN la cual tiene una superficie de 1 Km², con una densidad de usuarios uniforme, por lo que no es necesario ubicar zonas de concentración de usuarios potenciales.

3.8 DISEÑO DE LA RED

Del estudio realizado sobre la situación actual y requerimientos de usuarios de la Urbanización PIN, se plantea el siguiente diseño de una red de acceso inalámbrico fijo de banda ancha WiMAX, considerada como una alternativa de alta competencia que permitirá cubrir la demanda insatisfecha solicitada por los usuarios de dicha Urbanización para acceder al servicio de Internet a costos razonables.

Para el diseño de red, se ha considerado que el cálculo inicial de 1 Mbps de ancho de banda de acceso a Internet de la Urbanización, es fijado en base a ir ajustando la demanda real del acceso a Internet que tengan los usuarios, dado que se ha diseñado para que este ancho de banda esté disponible para todos los usuarios de la red, sin embargo es necesario informar que en este caso de estudio se estima una demanda no mayor a 4 Mbps en base a estadísticas de uso de ancho de banda de internet en redes de 500 usuarios.

Para el diseño de red, se establece que la red WiMAX tendrá un direccionamiento de red IP pública, con direcciones entregadas por un ISP, las direcciones IP disponibles de red a solicitarse serán 16, las cuales serán proporcionadas dentro de la red como A.B.C.X con máscara de 28 bits, esto es 255.255.255.240, las cuales serán distribuidas de la siguiente manera:

- La dirección IP A.B.C.X1/28, se asignará al primer host direccionable la cual se entregará al equipo de acceso proporcionado por el ISP.

- La dirección IP A.B.C.X2/28, se asignará a la estación base ubicada en el Cerro Gatazo.

Dentro del diseño adicionalmente se plantea la utilización de tres equipos repetidores WiMAX, conocidos como Subscriber Station (SS) los cuales serán distribuidos de manera equidistante uno de otro dentro de la urbanización, donde por cada equipo también se propone emplear direcciones IP públicas validas.

- La dirección IP A.B.C.X3/28, se asignará a la primera SS, ubicada en el edificio administrativo dentro de la urbanización, el cual es el punto central en el área de estudio; el área de Administración se encuentra ubicada a 3.5 Km de distancia del Cerro Gatazo, dicha distancia es perfecta, puesto que dentro de las consideraciones técnicas de conexión entre los equipos BreezeAccess VL y BreezeAccess Wi2, se estable una distancia máxima de 30 Km.

A continuación en la Imagen 3.19 se detalla la ubicación de la primera antena dentro de la Urbanización, donde se muestra el punto número 1 en el edificio Administrativo.

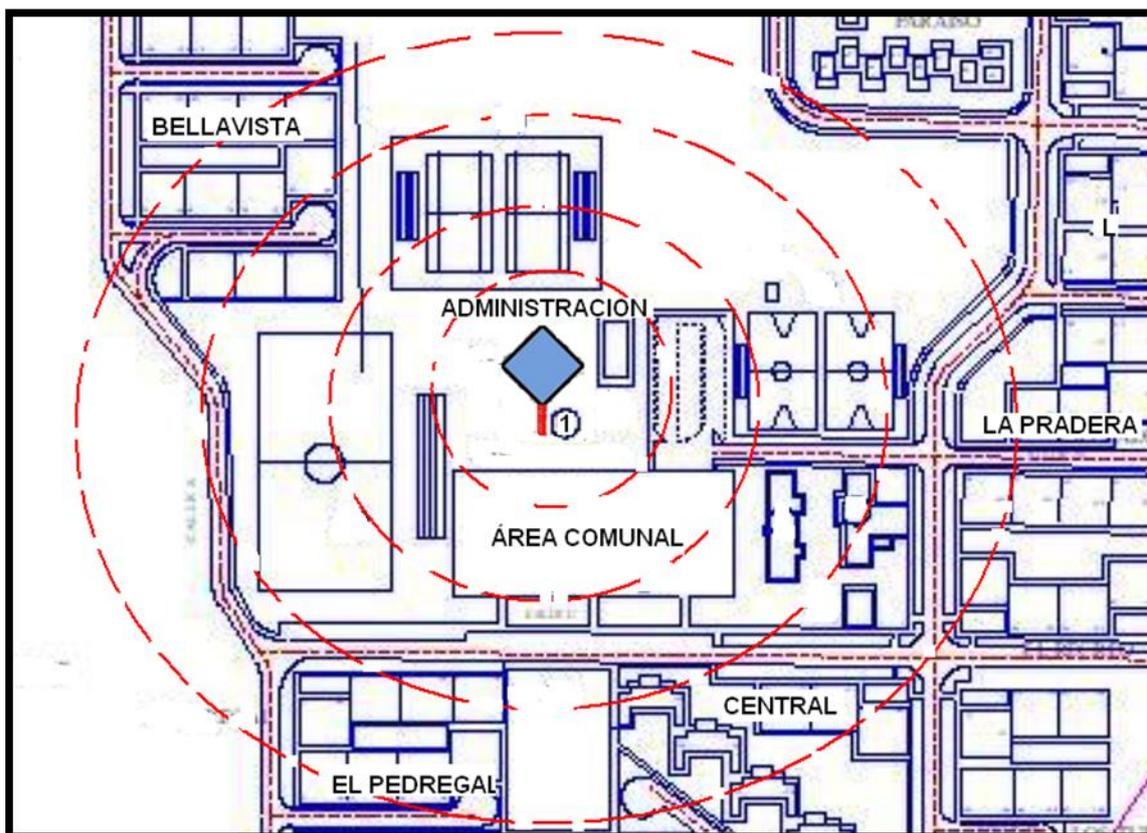


Imagen 3.19: Ubicación primera antena Wi2 dentro de la Urbanización PIN

- La dirección IP A.B.C.X4/28, se asignará a la segunda SS, ubicada en el centro de la ciudadela Paraíso, la cual se encuentra de manera equidistante de la primera SS en dirección norte dentro de la Urbanización, es necesario conocer que la distancia máxima recomendable entre los equipos BreezeAccess Wi2 puede ser de hasta 12 Km, valor que no supera a la distancia establecida entre la primera SS ubicada en el área de Administración y la segunda SS ubicada en el centro de la ciudadela Paraíso.

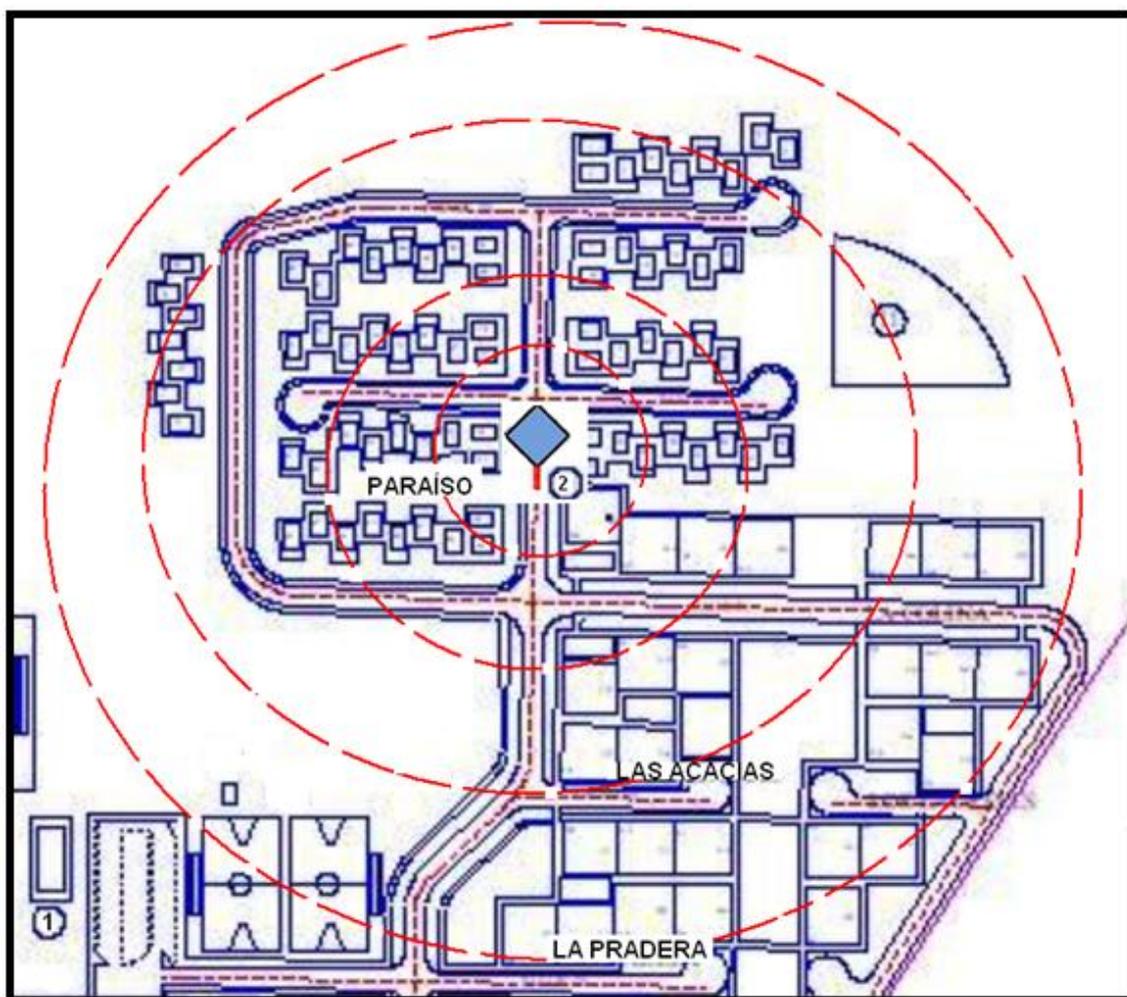


Imagen 3.20: Ubicación segunda antena Wi2 dentro de la Urbanización PIN

- La dirección IP A.B.C.X5/28, se asignará a la tercera SS, ubicada entre la ciudadela los Almendros y la ciudadela los Ceibos, se encuentra de manera equidistante de la primera SS en dirección sur dentro de la Urbanización.

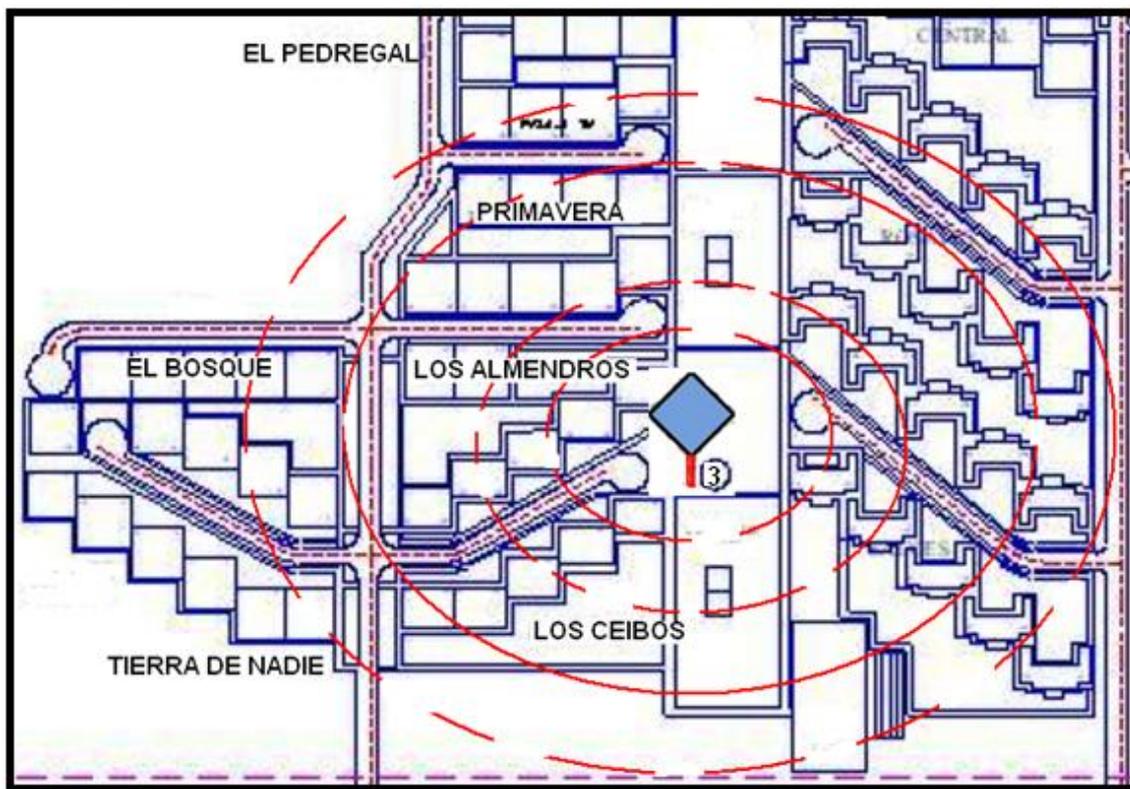


Imagen 3.21: Ubicación tercera antena Wi2 dentro de la Urbanización PIN

Dentro del diseño se considera utilizar un servidor que tenga los servicios de Firewall y Proxy, el servidor tendrá un Sistema Operativo LINUX con herramientas de distribución gratuita para el levantamiento de los servicios mencionados.

Actualmente existen programas libres tal como Red Hat Linux, Fedora, CENTOS, entre otros los cuales pueden ser instalados en el servidor de la futura red para proveer al administrador modos de entrega de servicios y seguridades a nivel servidor para los usuarios dentro de la Urbanización.

Entre los servicios que puede ofrecer LINUX, nos orientaremos específicamente al servicio de traslación de direcciones (NAT), proxy y seguridad en la red.

3.8.1 TRASLACIÓN DE DIRECCIONES (NAT)

El protocolo TCP/IP tiene la capacidad de generar varias conexiones simultáneas con un dispositivo remoto, para realizar esto, dentro de la cabecera de un paquete IP, existen campos en los que se indica la dirección origen y destino. Esta combinación de números define una única conexión.

Un Gateway configurado NAT cambia la dirección origen en cada paquete de salida y dependiendo del método, también el puerto origen para que sea único, estas traslaciones de dirección se almacenan en una tabla, para recordar qué dirección y puerto le corresponde a cada dispositivo cliente y así saber donde deben regresar los paquetes de respuesta, si un paquete que intenta ingresar a la red interna no existe en la tabla de traslaciones, entonces es descartado.

Para la implementación de una traslación de direcciones NAT se debe habilitar el reenvío de paquetes para IP versión 4, esto se realiza en el fichero `/etc/sysctl.conf` cambiando `net.ipv4.ip_forward = 0` por `net.ipv4.ip_forward = 1`.

3.8.2 SERVIDOR INTERMEDIO (PROXY)

El servidor intermedio Proxy es un programa o dispositivo que realiza una acción en representación de otro, su finalidad más habitual es la de servidor proxy, que sirve para permitir el acceso a Internet a todos los equipos de una organización cuando sólo se puede disponer de un único equipo conectado al exterior, esto es, una única dirección IP.

En este caso el servidor proxy permitirá a otros equipos conectarse a una red de forma indirecta a través de éste; cuando un equipo de la red desea acceder a una información o recurso externo, es realmente el servidor intermedio proxy quien realizará la comunicación y a continuación trasladará el resultado al equipo inicial.

Una aplicación común del servidor intermedio (Proxy) es funcionar como caché de contenido de Red (principalmente HTTP), proporcionando en la proximidad de los clientes un caché de páginas y ficheros disponibles a través de la Red en servidores HTTP remotos, permitiendo a los clientes de la red local acceder hacia éstos de forma más rápida y confiable.

En LINUX es necesario conocer que Squid es un Servidor Intermediario (Proxy) de alto desempeño que se ha venido desarrollando desde hace varios años, Squid es muy confiable, robusto y versátil y se distribuye bajo los términos de la Licencia Pública General LINUX.

Squid no debe ser utilizado como servidor intermedio (Proxy) para protocolos como SMTP, POP3, TELNET, SSH, Squid soporta los protocolos HTTP, HTTPS y FTP se requerirá implementar obligatoriamente una traslación de dirección IP o NAT.

3.8.3 SEGURIDAD EN LINUX

Para aplicar la seguridad en LINUX, podemos habilitar el servicio de “*portmap*”,⁷³ esto se consigue modificando los ficheros `/etc/hosts.allow` y `/etc/hosts.deny`.

Debemos especificar que las direcciones IP o rango de direcciones IP puedan acceder a los servicios de portmap y quiénes no pueden hacerlo, podemos entonces determinar en el fichero `/etc/hosts.allow` como rango de direcciones IP permitidas lo cual se muestra a continuación:

- `portmap:192.168.100.0/255.255.254.0`

Esto corresponde a la dirección IP de la red completa y la máscara de la subred de la red privada de la Urbanización PIN.

⁷³Portmap: Es un demonio de asignación de puertos dinámicos

Una vez que se han determinado las direcciones IP que pueden acceder a portmap, sólo resta determinar quiénes no pueden hacerlo, evidentemente nos referimos al resto del mundo, y esto se hace agregando la siguiente línea:

- portmap:ALL

Es importante conocer que esta sentencia final es indispensable y necesaria, para obtener un nivel de seguridad en la red privada.

Una vez configurado portmap, debe reiniciarse el servicio de portmap con el siguiente comando:

- service portmap restart

Siguiendo la configuración de la red privada de la Urbanización, la dirección IP del servidor LINUX asignado dentro de la red pública WiMAX, será A.B.C.X6/28, y el Gateway de esta subred pública será la dirección IP del equipo del ISP es decir A.B.C.X1.

Para que la entrega del servicio de acceso al Internet dentro de la Urbanización sea más accesible y asequible en relación a operatividad y menor adquisición de dispositivos inalámbricos para el funcionamiento de la red propuesta; se propone que dentro del diseño de la red, se incluya el servicio de una red Wi-Fi, la cual será utilizada como una red privada con el dirección IP 192.168.100.X con máscara de 23 bits, lo cual quiere decir que se contará con 512 hosts disponibles para ser entregados a los usuarios de la Urbanización, lo cual cubrirá futuros requerimientos de usuarios relacionados con la conexión al servicio de Internet.

Para proponer el diseño de esta red, se ha buscado la factibilidad y facilidad que proponen algunos equipos aprobados dentro del WiMAX Forum, los cuales serán analizados detalladamente más adelante, proporcionando convergencia entre una red WiMAX y una red Wi-Fi, es decir que usuarios que dispongan de equipos con conexión Wi-Fi, tal como pc's portátiles, teléfonos de tercera

generación, PDA's, etc, podrán acceder a los servicios de la red propuesta a través de los equipos convergentes WiMAX.

Las direcciones IP privadas propuestas dentro de la red se manejarán de la siguiente forma:

La dirección IP de red privada propuesta será 192.168.100.0 y la dirección de broadcast de este segmento será la IP 192.168.101.255; la dirección de la máscara será 255.255.254.0/23 y el primer direccionamiento de host válido tendrá los valores mostrados a continuación.

La dirección IP privada 192.168.100.1 con máscara 255.255.254/23 y el último direccionamiento de host válido en esta red será la 192.168.101.254 con máscara 255.255.254.0/23; con esto se conoce que las direcciones IP 192.168.100.255 y la 192.168.101.0 son direcciones IP válidas en nuestro diseño de red.

Se definirá un rango de IPs privadas entre las direcciones 192.168.100.1 – 20/23 que se reserva para equipos de salida, servidores y consolas de administración y el rango de direcciones IPs privadas 192.168.100.21 – 101.254/23 para asignación fija entre los clientes y suscriptores de este servicio de acceso a Internet.

La dirección IP 192.168.100.1 será asignada para nuestro servidor Firewall-Proxy con máscara 255.255.254.0/23.

La dirección IP 192.168.100.2 será asignada para un access point de administración con máscara 255.255.254.0/23, la cual nos permitirá disponer de un puerto Ethernet para la conexión de nuestro servidor Proxy, así se proveerá la facilidad de habilitar un segmento de red Ethernet dentro de nuestra red privada, con ello el servidor Proxy se encontrará en la red pública en conexión directa al puerto Ethernet de nuestro primer SS y en la red privada a través del puerto Ethernet entregado por el access point Wi-Fi.

Sin embargo es necesario conocer que el servidor Proxy puede disponer de una tarjeta inalámbrica Wi-Fi y conectarse directamente a la red Wi-Fi.

De esta manera el servidor Proxy queda habilitada tanto en la red pública y en la privada y será el que proporciona la salida y control de acceso a Internet.

A continuación en la Tabla 3.1 se muestra las direcciones IP's públicas a considerar en el diseño las cuales serán detalladas en la Tabla 3.2, donde se mostrara el cuadro de direccionamiento IP, el Netmask, el Gateway y la descripción del equipo al cual se le atribuye dicho direccionamiento.

Red IPs Publicas	A.B.C.X
Máscara	255.255.255.240
Gateway	A.B.C.X1
Dirección de Red	A.B.C.X0
Dirección de Broadcast	A.B.C.X15
Host disponibles	14

Tabla 3.1: Tabla de direcciones para el diseño de la Red con direcciones IPs públicas

Equipo	Nombre	Dirección	Mascara	Gateway
Router ISP		A.B.C.X1	255.255.255.240	IP ISP
Estación Base	Access Breeze VL	A.B.C.X2	255.255.255.240	A.B.C.X2
Suscriber Station	Access Breeze WI2	A.B.C.X3	255.255.255.240	A.B.C.X2
Suscriber Station	Access Breeze WI2	A.B.C.X4	255.255.255.240	A.B.C.X2
Suscriber Station	Access Breeze WI2	A.B.C.X5	255.255.255.240	A.B.C.X2
Servidor	Firewall/Proxy	A.B.C.X6	255.255.255.240	A.B.C.X2
Libre	.	.	255.255.255.240	A.B.C.X2
Libre	.	.	255.255.255.240	A.B.C.X2
Libre		A.B.C.X14	255.255.255.240	A.B.C.X2

Tabla 3.2: Direccionamientos de red con IP's públicas para la Urbanización PIN

En la Tabla 3.3 muestra las direcciones IP's privadas a considerar en el diseño las cuales serán detalladas en la Tabla 3.4, donde se mostrara el cuadro de direccionamiento IP, el Netmask, el Gateway y la descripción del equipo al cual se le atribuye dicho direccionamiento.

Red IPs Privada	192.168.100.X
Máscara	255.255.254.0
Gateway	192.168.100.1
Dirección de Red	192.168.100.0
Dirección de Broadcast	192.168.101.255
Host disponibles	510

Tabla 3.3: Tabla de direcciones para el diseño de la Red con direcciones IPs privadas

Equipo	Nombre	Dirección	Mascara	Gateway
Servidor	Firewall/Proxy	192.168.100.1	255.255.254.0	A.B.C.X2
Access Point	Concentrador Administración	192.168.100.2	255.255.254.0	192.168.100.1
Access Point	Concentrador Adicional	192.168.100.3	255.255.254.0	192.168.100.1
.
.
Servidor	Administración/Monitoreo	192.168.100.20	255.255.254.0	192.168.100.1
Computador	Cliente 1	192.168.100.21	255.255.254.0	192.168.100.1
Computador	Cliente 2	192.168.100.22	255.255.254.0	192.168.100.1
Computador	Cliente 3	192.168.100.23	255.255.254.0	192.168.100.1
.
.
.
Computador	Cliente 510	192.168.101.254	255.255.254.0	192.168.100.1

Tabla 3.4: Direccionamientos de red con IP's privadas para la Urbanización PIN

A continuación en la Imagen 3.22, se puede observar el diseño de red propuesta expuesta anteriormente.

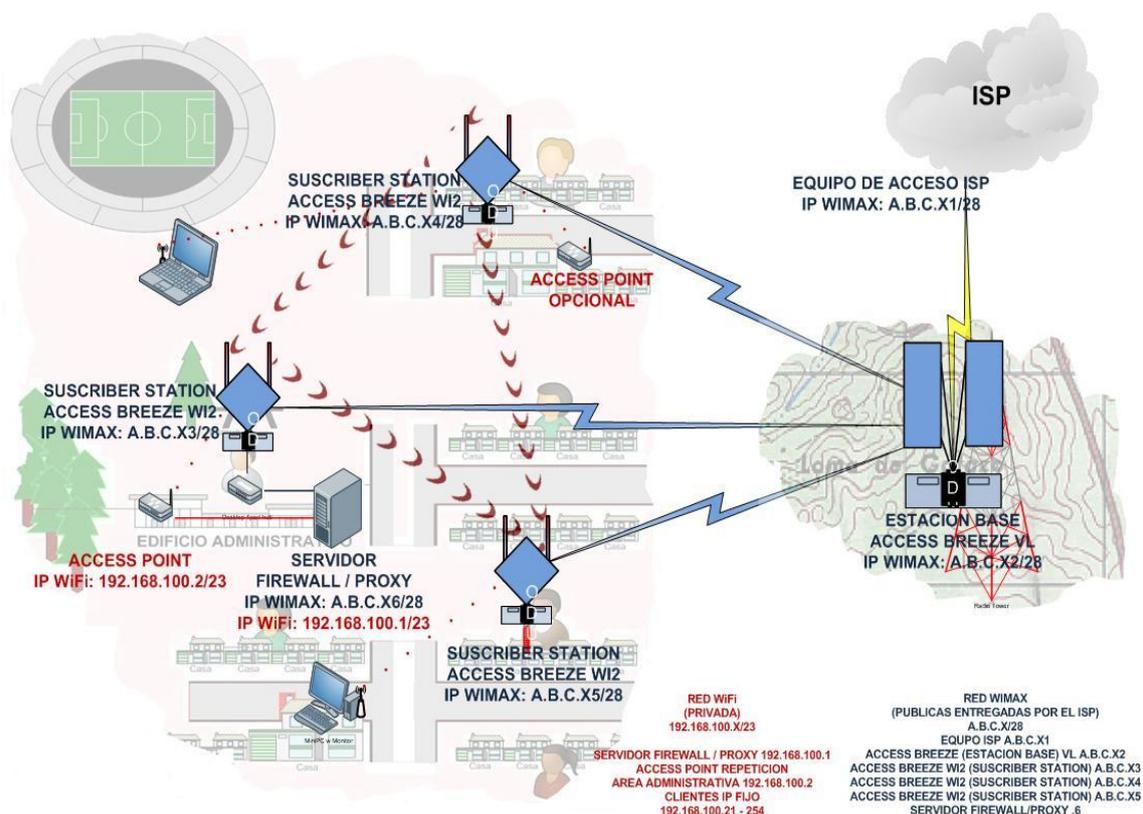


Imagen 3.22: Diseño de Red de la Urbanización PIN⁷⁴

3.8.1 SEGMENTACIÓN DE LAS CELDAS Y CAPACIDAD DE LAS UNIDADES SUSCRIPTORAS

Se debe considerar que en un diseño de red se pueden utilizar antenas omnidireccionales o sectoriales para una estación base, sin embargo es necesario conocer que para nuestro diseño se tomará en cuenta una antena direccional de 60° la cual provee beneficios de reutilización de frecuencia permitiendo un aumento en la capacidad de la red.

⁷⁴El diseño puede ser apreciado en el Anexo 2

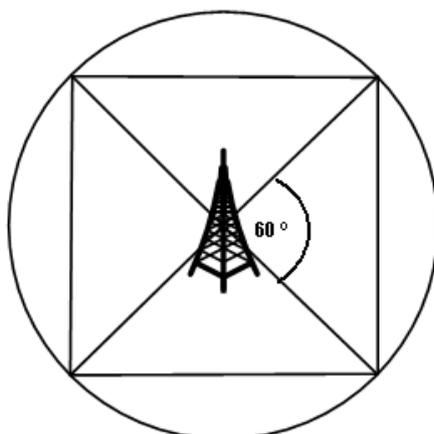


Imagen 3.23: Cobertura antena direccional de 60° para Estación Base ubicada en Cerro Gatazo

Un sistema multipunto WiMAX como el que se propone en el diseño actual, consta de una Estación Base para la centralización de información y de tres Estaciones Suscriptoras enlazadas a la estación base.

La segmentación a efectuarse para la distribución de ancho de banda desde el equipo Estación Base BreezeAccess VL hasta los tres equipos BreezeAccess Wi2 con enlace WiMAX, es detallado en la Tabla 3.5.

SEGMENTACIÓN EN EQUIPOS WIMAX			
CARACTERISTICAS DE EQUIPOS WIMAX VL - WI2			
RUBRO	FORMULA	VALOR	UNIDAD
Rango superior de frecuencia equipo VL radio Base	FF	2483,50	Mhz
Rango inferior de frecuencia equipo VL radio Base	FI	2412,00	Mhz
Disponibilidad frecuencias / ancho de banda	$ABT=FF-FI$	71,50	Mhz
Ancho de Banda distribuido para Cada WI2 (3)	$ABD=ABT/EI$	24,00	Mb
Disponibilidad de canales	TC	11	U
Equipo WI2 Instalados	EI	3	U
SEGMENTACIÓN EN EQUIPO WIMAX, VL - WI2			
RUBRO	FORMULA	VALOR	UNIDAD
Frecuencia Asignada a Equipo 1 Canal 1	$F1=FI$	2412,00	Mhz
Frecuencia Asignada a Equipo 2 Canal 2	$F2=F1+ABD$	2436,00	Mhz
Frecuencia Asignada a Equipo 3 Canal 3	$F3=F2+ABD$	2460,00	Mhz

Tabla 3.5: Segmentación en equipo BreezeAccess VL ubicado en estación base, cerro Gatazo

Donde:

FF = Frecuencia Final

FI = Frecuencia Inicial

ABT = Ancho de Banda Total

ABD = Ancho de Banda Distribuido

TC = Canales Totales

EI = Equipos Instalados

De la información presentada en la Tabla 3.5 se puede determinar que las frecuencias que serán asignadas para los tres equipos ubicados dentro de la Urbanización PIN serán de 2412 MHz para el primer equipo ubicado en el área de Administración, 2436 MHz para el segundo equipo ubicado en la ciudadela Paraíso y 2460 MHz para la ciudadela Los Almendros.

En la Imagen 3.24 se muestra la cobertura de las frecuencias de acuerdo al sector al que se piensa dar servicio con los equipos BreezeAccess Wi2, dentro de la Urbanización, donde cada equipo tiene una capacidad máxima de 128 usuarios.

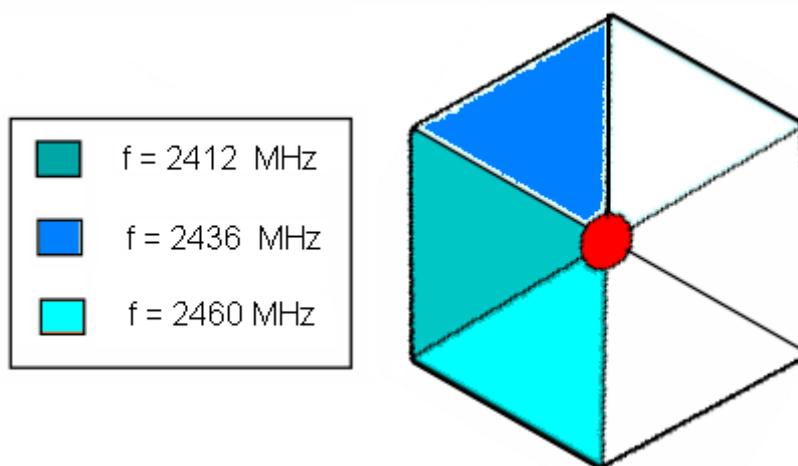


Imagen 3.24: Distribución de Frecuencias dentro de la Urbanización PIN⁷⁵

La distribución de usuarios, canal y ancho de banda por usuario en los equipos BreezeAccess Wi2 son detallados en la Tabla 3.6 mostrada a continuación.

⁷⁵El diseño puede ser apreciado en el Anexo 3

SEGMENTACIÓN EN EQUIPOS WiFi			
CARACTERISTICAS DE EQUIPOS WiFi, Wi2			
RUBRO	FORMULA	VALOR	UNIDAD
Rango superior de frecuencia equipo VL radio Base	FF	2483,50	Mhz
Rango inferior de frecuencia equipo VL radio Base	FI	2412,00	Mhz
Disponibilidad frecuencias / ancho de banda	ABT=FF-FI	71,50	Mhz
Ancho de Banda distribuido para usuarios	ABU=ABT/TC	6,50	Mb
Disponibilidad de canales	TC	11	U
Equipo Wi2 Instalados	EI	3	U
SEGMENTACIÓN EN EQUIPOS WiFi POR USUARIO			
RUBRO	FORMULA	VALOR	UNIDAD
Número de usuarios	U	350	U
Distribución de usuarios por equipo instalado	DUE=U/EI	120	U
Distribución de usuarios por canal disponible	DUC=DUE/TC	11	U
Distribución de ancho de banda para c/usuario por canal	DAU=ABU/DUC	0,59	Mb

Tabla 3.6: Distribución en equipos BreezeAccess Wi2 dentro de la Urbanización PIN

3.8.1.1 Interferencia Co-Canal

Las interferencias Co-canal, se producen en zonas donde varios puntos de acceso adyacentes se encuentran utilizando la misma frecuencia en la comunicación de datos.

Una distribución de los dispositivos donde no exista superposición, evita estas interferencias y permite reutilizar los canales.

A continuación en la Imagen 3.25 se muestra esta solución:

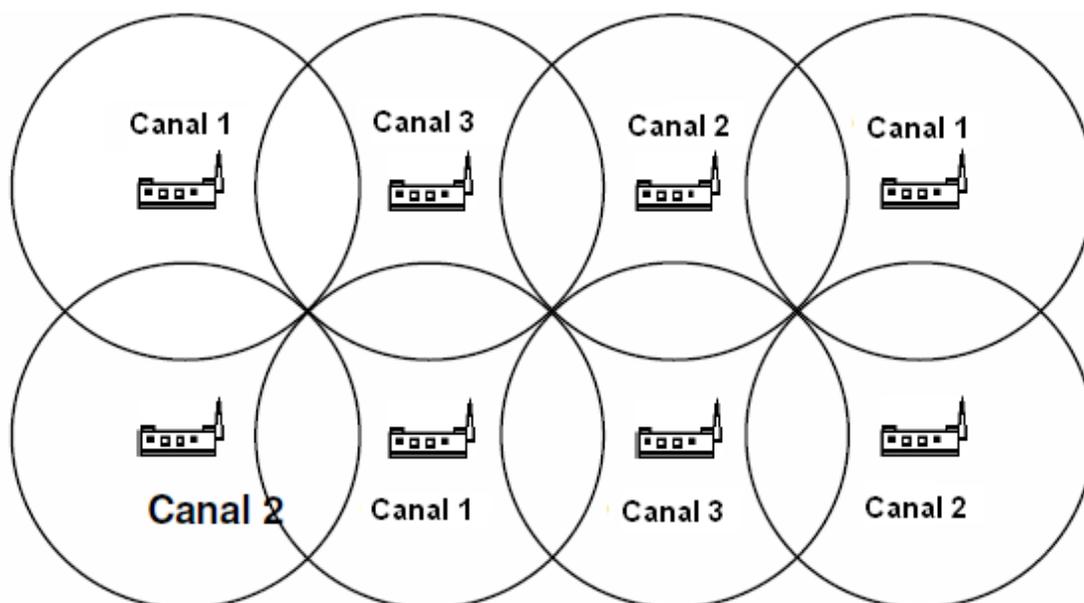


Imagen 3.25: Distribución de los puntos de acceso para evitar la interferencia Co-canal

Cada punto de acceso tiene diferentes velocidades de acceso, cada uno de ellos a su vez tiene un nivel de cobertura.

En la Imagen 3.26 se puede observar cómo se encuentra realizada la canalización de frecuencias en el diseño de la red.

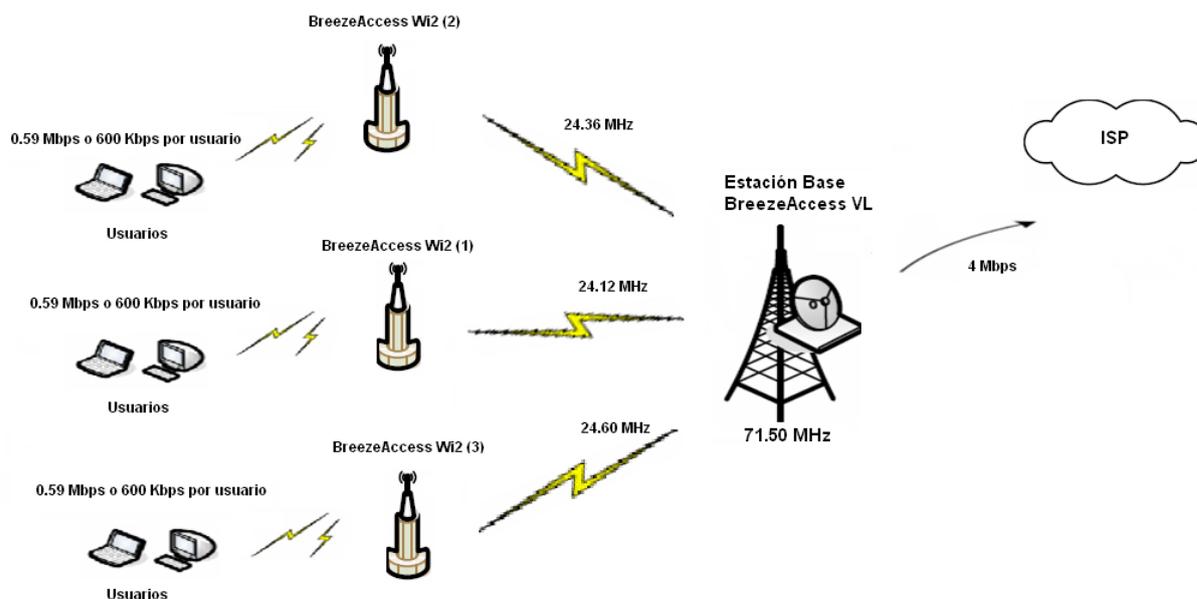


Imagen 3.26: Canalización de frecuencias para la Urbanización PIN⁷⁶

3.8.2 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

Existe una cantidad extensa de equipos que pueden ser utilizados en WiMAX, muchos de los fabricantes conocidos a nivel mundial han desarrollado tecnología de punta para todo tipo de usuarios en los mercados más exigentes.

El proceso de selección de equipos entre un fabricante y otro no es tarea sencilla debido a que se lo realiza siguiendo ciertos pasos, según como lo disponga la empresa interesada en la compra de equipos se puede seguir el siguiente esquema:

- Llamar a una presentación de ofertas, conociendo los requerimientos solicitados,
- Conocer las características técnicas que presenta cada fabricante,
- Estudiar las propuestas económicas de cada fabricante,

⁷⁶El diseño puede ser apreciado en el Anexo 4

- Seleccionar uno o varios fabricantes, basándose en los puntos anteriores; y,
- Elección del equipo para efectuar los cálculos de dimensionamiento de la red.

3.8.2.1 Sistema de Acceso Inalámbrico PacketWave System de APERTO

El PacketWave System, es un sistema que ha sido comercializado desde el año 2001 el cual puede operar en bandas de 2.5, 3.5, 5.3 y 5.8 GHz, diseñada para prestar servicios a suscriptores en áreas urbanas y sub urbanas en los cuales exista complicaciones en el acceso con línea de vista.

Este sistema permite atender los requerimientos de los diversos segmentos de mercado así como diversos grupos de usuarios, es un sistema punto multipunto el cual consiste del PacketWave 1000 Unidad de Estación Base (BSU) y de las Unidades de Suscriptor (SU o CPE).

Estos dos elementos proporcionan la conectividad de última milla entre los puntos de red privado o público del usuario para una red multiservicio, a continuación en la Imagen 3.27 se muestra la Arquitectura de PacketWave System.

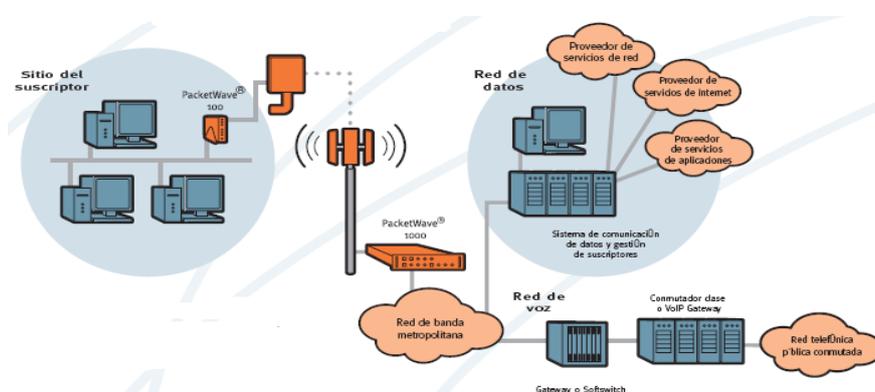


Imagen 3.27: Sistema Inalámbrico de Banca Ancha PacketWave System⁷⁷

⁷⁷Tomado de la página: http://www.selestanet.com/pdfs/PW1000_sp.pdf

Este sistema inalámbrico se encuentra compuesto por las siguientes partes:

- Unidad de Estación Base (BSU)
- Unidad de Suscriptor (SU)

3.8.2.1.1 Estación Base (BSU)



Imagen 3.28: Estación Base PacketWave⁷⁸

El PacketWave 1000 Unidad de Estación Base (BSU) Indoor Unit, es una unidad montable en un rack de 19 pulgadas, soporta de 4 a 6 canales inalámbricos, y proporciona de conectividad inalámbrica a las Unidades Suscriptoras (SU) o CPE, a través de uno de sus subsistemas inalámbricos conocidos como (WSS).

Cada puerto WSS puede ser usado para un sector individual o para canales adicionales cuando se conecta a una unidad exterior (ODU), cada ODU consiste de una Estación Base de Radio conectada a una antena.

⁷⁸Tomado de la página:

<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/893/7/T10344CAP4.pdf>

3.8.2.1.2 Unidad de Suscriptor (SU)



Imagen 3.29: Estación Base PacketWave⁷⁹

El CPE, consiste de una unidad interna (Indoor Unit - IDU) y de una unidad externa (Outdoor Unit - ODU), la unidad externa tiene integrada la antena y la radio, la unidad interna incluye los componentes de red, tal como son el módem, la fuente de poder, etc.

3.8.2.2 Sistema de Acceso Inalámbrico Breeze Access VL y Breeze Access Wi2 de ALVARION

Los sistemas de acceso inalámbrico BreezeACCESS VL, son una plataforma inalámbrica de banda ancha de Alvarion punto multipunto (PMP), el cual trabaja en varias frecuencias incluyendo 2.4 GHz, 3.5 Ghz y 5.8 GHz, presenta características superiores, tales como enlace fuera de la línea de visión (NLOS), alcance extendido, alta capacidad en todos los tamaños de paquete, cifrado así como Calidad del Servicio (QoS) de extremo a extremo para aplicaciones donde el tiempo es crítico.

BreezeAccess VL soporta cientos de llamadas simultáneas por sector con lo cual es posible ofrecer una amplia gama de servicios y aplicaciones, incluyendo VoIP, línea arrendada inalámbrica, puntos de acceso, vigilancia por

⁷⁹Tomado de la página:

<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/893/7/T10344CAP4.pdf>

vídeo, etc, en comparación con las alternativas alámbricas, soporta la concurrencia de LOS y NLOS.

BreezeAccess VL, trabaja en modo TDD (Time Division Duplex) e implementan modulaciones OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) con corrección de errores FEC, incorpora control automático de potencia (ATCP), y selección dinámica de la frecuencia (DFS).⁸⁰

Este sistema inalámbrico se encuentra compuesto por dos dispositivos diferentes:

- Unidad de Acceso (AU), conocido como transmisor
- Unidad de Suscriptor (SU), conocido como receptor

3.8.2.2.1 Unidad de Acceso (AU)



Imagen 3.30: Unidad de Acceso AU Alvarion⁸¹

Existen dos tipos de BreezeAcces VL-AU que son Modular Base Station y Stand Alone, el primer tipo permite conectar más de una unidad de acceso que

⁸⁰Tomado de la página:

http://www.ranember.com/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Itemid=24

⁸¹Tomado de la página:

http://www.alvarion.com/upload/contents/291/BreezeMAX_Wi2_BreezeACCESS_Wi2_datasheet.pdf

pueden ser de 1 a 8 Unidades de Acceso (AU), lo cual permite aumentar la capacidad total de una red, por lo contrario el tipo Stand Alone sólo permite una Unidad de Acceso.

La Unidad de Acceso (AU) se las instala en el sitio de la estación base, cada AU incluye una unidad interna y una externa. La interna se conecta con la red mediante una interfaz estándar Ethernet 10/100 BaseT (RJ-45), y la unidad externa se conecta con la unidad interna mediante un cable CAT-5.

Alvarion ofrece dos tipos de estaciones base.

- La estación base modular de estante (BS-SHVL) de chasis universal de 19", alojando hasta 6 módulos AU. En un chasis BS-SH-VL pueden usarse dos módulos de fuente de alimentación (ya sea CC o CA) para una operación libre de fallas, el conjunto AU-D-BS incluye una unidad interna basada en chasis, una unidad externa montada sobre mástil y antenas de sector.
- El conjunto micro estación base autónoma (AU-D-SA) incluye una pequeña unidad interna, una unidad externa montada sobre mástil y una antena de sector, con la estación base pueden utilizarse diversas antenas: 360, 120, 60 y 90 grados.

3.8.2.2.2 Unidad de Suscriptor (SU)



Imagen 3.31: Unidad de Suscriptor AU Alvarion⁸²

⁸²Tomado de la página:

http://www.alvarion.com/upload/contents/291/BreezeMAX_Wi2_BreezeACCESS_Wi2_datasheet.pdf

El BreezeAcces-SU, es la unidad que necesita un receptor para captar la señal enviada por el AU, no es necesario disponer de una unidad de acceso por cada Unidad de Suscriptor (SU), un mismo AU puede dar conexión hasta 50 SUs, la limitación que se ha de tener en cuenta es la capacidad que se quiere ofrecer a los usuarios porque cuanto más usuarios se conecten a la unidad, menos velocidad recibirá cada uno de ellos.

La unidad de abonado (SU) le permite al cliente la conexión con la estación base, y puede soportar un usuario único o múltiples usuarios, las SU proveen una plataforma eficiente para Internet e Intranet de alta velocidad siempre conectado, VoIP, VPN y otros servicios.

Cada SU se conecta con la red mediante una interfaz estándar Ethernet 10/100 BaseT (RJ-45), y se conecta con la unidad interna mediante un cable CAT-5.

Cada conjunto de SU incluye una unidad interna con un único puerto de datos, cable CAT-5 interior-exterior, unidad externa de montaje sobre mástil y antena integrada en la mayoría de los casos.

Existe una serie de módulos que se pueden añadir a la unidad de abonado, incluyendo el Gateway de red que ofrece a los abonados residenciales, SOHO y SME una gama flexible de servicios de red alámbrico e inalámbricos, y el Gateway de voz que ofrece el suministro eficaz de voz y datos.

3.8.2.2.3 Ventaja de BreezeAccess VL

BreezeAccess VL, ofrece más beneficios, mediante el suministro a los abonados de servicios de vídeo y de voz con alta calidad, con paquetes de tarifas diferenciadas para las diferentes velocidades y opciones de actualización.

- Menor inversión hoy – NLOS, alta capacidad, cobertura sobresaliente, perfiles multi-abonado en el mismo sector, posibilitan reducir la necesidad de construcción de estaciones base y sitios,
- Barra de presentación de SNR con 10 LED en la unidad exterior para una rápida alineación de la antena sin herramientas externas o monitores, y el mejor modo AU para una rápida asociación,
- Actualización de software sobre el aire, para una instalación fácil y económica,
- Menor OPEX lo cual quiere decir menos estaciones base, gestión remota y actualización de memoria fija (firmware) remota, herramientas de diagnóstico eficaces, adaptación automática a los cambios ambientales,
- Provee amplia cobertura, más clientes con menos estaciones base,
- Muy elevada capacidad y procesamiento de paquetes para las mejores prestaciones de la red y un alto número de llamadas VoIP,
- Selección de la mejor unidad de acceso (AU) – para una rápida y simple asociación SU con la mejor AU detectada, actúa también como un mecanismo de redundancia que seleccione automáticamente la segunda mejor AU, si la mejor AU falla; y,
- Planificación flexible de red lo cual quiere decir que soporta opciones de subcanal de 10 y 20 MHz para planificación de radio y para evitar interferencias, con búsqueda de subcanal automática.

3.8.2.2.4 Sistema de Gestión AlvariSTAR

Es una exhaustiva herramienta de soporte para la gestión de la red con arquitectura capaz de crecer en escala, gestión de la topología, configuración y monitoreo, gestión de las fallas, y monitoreo de las prestaciones.

BreezeCONFIG, es la una utilidad de configuración y monitoreo que se utiliza en forma simple e intuitiva y permite la mejora simultánea del firmware para múltiples CPEs.

3.8.2.2.5 BreezeAcces Wi2



Imagen 3.32: BreezeAccess Wi2 Alvarion⁸³

Los servicios de banda ancha de interconexión personales, en cualquier lugar aumentan la productividad y comodidad del usuario lo cual se logra mediante la combinación de WiFi para acceso y WiMAX para la red de transporte.

Breeze Access Wi2 opera en frecuencias con o sin licencia, aprovecha la disponibilidad de WiFi y la robustes y calidad de servicio de WiMAX para responder a las necesidades críticas de los sectores públicos y privados.

⁸³Tomado de la página: http://new.wireless.bfioptilas.es/objects/46_9_521049238/BreezeACCESS-Wi2_DS_%20ES.pdf

BreezeAccess Wi2, es un sistema autónomo, robusto totalmente adaptable a exteriores, que únicamente necesita una conexión a una fuente CC o AC, es fácil de instalar y operar, ofrece un alto rendimiento y una gran gama de características de seguridad y QoS⁸⁴.

3.8.2.2.6 Ventaja de BreezeAccess Wi2

Proporciona una red convergente para usuarios WiFi móviles que utilizan redes WiMAX y que producen ahorro significativo en instalaciones y operación, los equipos BreezeAccess Wi2 permiten la conexión terminal de usuarios finales móviles WiFi a la red WiMax y todos sus servicios.

Bajos costos de mantenimiento utilizando el sistema de gestión de red AlvariSTAR con una gran disponibilidad de servicio, BreezeAccess Wi2 es una solución completamente escalable, de fácil instalación y mantenimiento para la instalación de varios puntos de acceso.

3.8.2.3 Selección del equipamiento para el diseño de la red

A continuación en la Tabla 3.7 se presentan los datos técnicos de los equipos descritos anteriormente para poder determinar el equipamiento a utilizar en el diseño de la red de la Urbanización PIN.

⁸⁴QoS: Calidad de Servicio, efecto colectivo del desempeño de un servicio

Características Técnicas	Breezeaccess VL ALVARION	PacketWave System APERTO	Mejor Alternativa	
			ALVARION	APERTO
Frecuencia (GHz)	2.4 GHz a 5.8 GHz	2.4 GHz a 5.8 GHz	X	X
Ancho de Canal (MHz)	24	6	X	
Cobertura (Km)	54 Km – NLOS	50 Km – NLOS	X	
	14 Km – LOS	13 Km – LOS	X	
Modulación	OFDM	QPSK y QAM	X	
Sensibilidad	-92 dBm	82 dBm	X	
Latencia (ms)	5 a 7	12	X	
Eficiencia del canal (bps/Hz)	1.6	3.3		X
Método de Acceso	TDD	TDD	X	X

Tabla 3.7: Comparación técnica equipos WiMAX para diseño de la Red de la Urbanización PIN

Al determinar el mejor equipamiento en relación a funciones y utilidad para la prestación de servicios que se utilizará en el diseño de la red de la Urbanización PIN, podemos decir que el sistema de gestión de Alvarion BreezeAccess, provee la mayor facilidad en implementación y manejo por lo cual será el equipamiento escogido para proceder con los cálculos de la red propuesta.

El equipo BreezeAccess VL será utilizado para el enlace WiMAX que existirá entre el Cerro Gatazo y la Urbanización PIN, para este proyecto el AU escogido es el Modular Base Station y el equipo BreezeAccess Wi2 será utilizado para la distribución de frecuencias internas dentro de la Urbanización.

3.8.3 UBICACIÓN DE LAS RADIOBASES

La estación base principal, será el punto primordial y equipo a instalarse para garantizar la cobertura de la señal inalámbrica sobre la Urbanización PIN y es necesario conocer que el lugar elegido proporcione las condiciones eléctricas garantizadas para que los equipos instalados en este sitio puedan trabajar en un esquema de total disponibilidad, esto significa que los equipos deben permanecer operativos las 24 horas del día durante los 365 días del año.

Se ha determinado que el lugar de instalación de la BS que será utilizada por la Urbanización será el Cerro Gatazo el cual es un punto equidistante que presenta factibilidad técnica y de instalación que facilitará la ubicación de los equipos tecnológicos que proveerán del servicio solicitado de Internet en el área de estudio.

La ubicación del Cerro Gatazo tiene las siguientes coordenadas relacionadas con la Urbanización PIN.

Provincia	Esmeraldas
Cerro	Gatazo
Latitud Gatazo	005715 N
Longitud Gatazo	793044 W
Cobertura	Esmeraldas y alrededores
Lugar de destino	Urbanización PIN
Distancia entre los puntos	3.5 Kilómetros
Latitud Urbanización	005908 N
Longitud Urbanización	793920 w

Tabla 3.8: Ubicación, latitud y longitud Cerro Gatazo y Urbanización PIN

El Cerro Gatazo es un punto accesible y equidistante que presentaría ahorros en costos al no demandar la instalación de una torre de telecomunicaciones ya que en este lugar existe una torre con 50 metros de altura, con redundancia en el fluido eléctrico, UPS y ventilación apropiada, lo cual convierte a este Cerro Gatazo el punto de contacto con los tres puntos de acceso establecidos dentro de la Urbanización para proporcionar cobertura.

Es conocido que en el Cerro Gatazo, varios proveedores de telecomunicaciones, tienen instalados nodos de voz y datos para brindar servicios tecnológicos a la ciudad de Esmeraldas, por lo cual se podría solicitar el servicio de Internet a unos de los proveedores existentes dentro del área de estudio para la entrega del servicio de Internet en esta nuestra Estación Base.

Con las frecuencias propuestas de 2.4 y 5.8 GHz efectuaremos los cálculos de red, cobertura y confiabilidad para poder determinar y garantizar cuál de estas dos frecuencias proveerá un servicio de Banda Ancha confiable, realizando una conexión directa desde el Cerro Gatazo hasta la Urbanización PIN, utilizando la Estación Base BreezeAccess VL omnidireccional con lóbulo de radiación de (60°), con 16 dBi, se considera que la antena se encontrará ubicada a 48 metros de altura en la torre del Cerro Gatazo, esta Estación Base tiene una capacidad máxima de 192 megas y 6 unidades de acceso.

Los equipos BreezeAccess Wi2, serán ocupados dentro de la Urbanización para uso interno y repetición de la señal, ya que proporcionará la cobertura necesaria para la distancia de 1 Km, utilizando los servicios de Wi-Fi.

A continuación en la Imagen 3.33 se puede ver la manera de cómo se ubicarán los equipos en el diseño de la red.

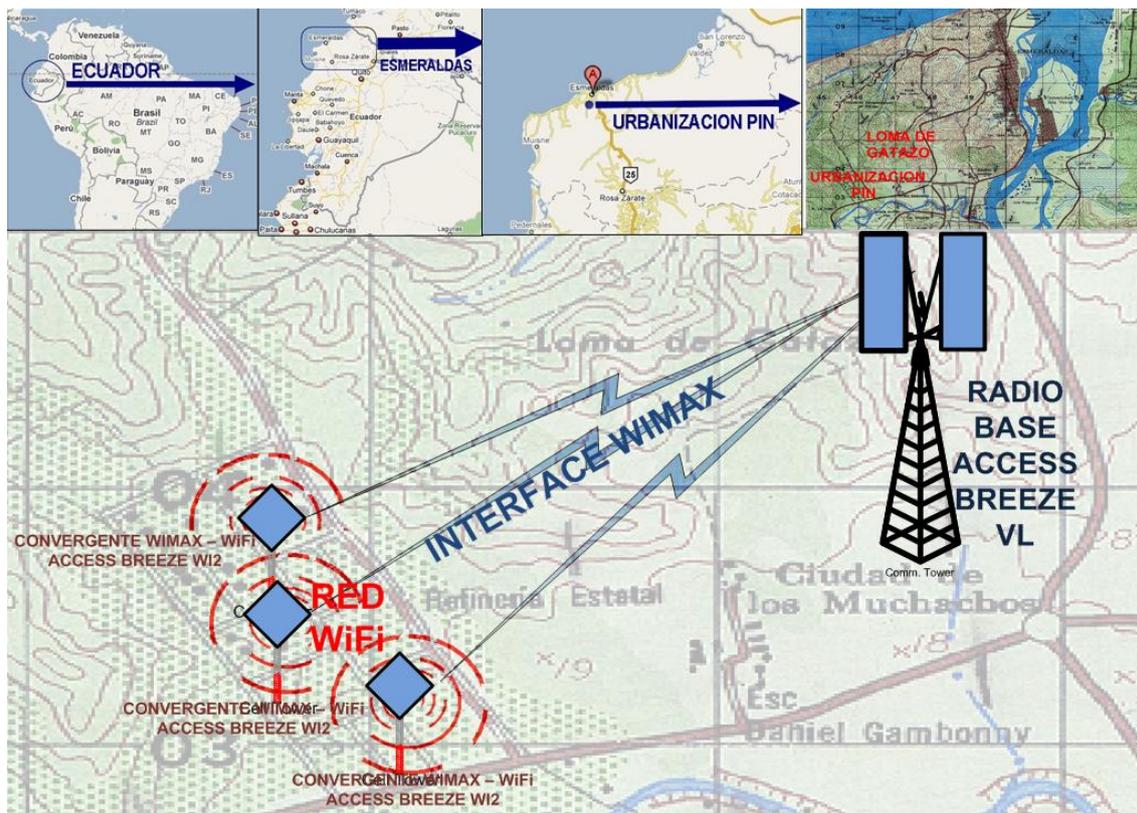


Imagen 3.33: Ubicación equipos BreezeAccess para la Urbanización PIN

3.8.4 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LA RED

Para el diseño de un enlace inalámbrico se debe considerar lo siguiente:

- Pérdidas de trayectoria
- Cálculos del presupuesto del enlace
- Cálculos del margen de desvanecimiento
- Cálculo de la confiabilidad del sistema

3.8.4.1 Pérdidas de Trayectoria

De acuerdo a la extensión 802.16.3c-0/29r4 del estándar IEEE 802.16 realizada para la definición de los modelos de canal para aplicaciones inalámbricas fijas se encuentra que el modelo de propagación más adecuado para la red que se desea diseñar es el Modelo Cost 231 Walfish-Ikegawi (W-I), definido para ambientes urbanos densos.

En este modelo tenemos 3 componentes importantes para condiciones NLOS (sin línea de vista), la cual está dada por la ecuación:

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

Donde:

L_b = Pérdidas de espacio libre

L_{rts} = Difracción azotea a calle

L_{msd} = Pérdidas multi-pantallas

3.8.4.1.1 Pérdidas de espacio libre

Las pérdidas por espacio libre están dadas por la ecuación:

$$L_o (dB) = 32.4 + 20 \log \left(\frac{d}{km} \right) + 20 \log \left(\frac{f}{MHz} \right)$$

d = Distancia entre la BS hasta el CPE

f = Frecuencia de la portadora

Los cálculos para el diseño de la red se han realizado considerando distancias R referenciales y las correspondientes frecuencias de estudio a utilizar que son 2.4 GHz y 5.8 GHz.

	f (Mhz)	f (Mhz)
	2400	5800
d (Km)	L_o (dB)	L_o (dB)
0,1	80,004	87,668
0,2	86,024	93,689
0,8	98,066	105,7303
1	100,004	107,6685
1,4	102,926	110,5911
3	109,546	117,2109
3,5	110,885	118,5499
8	118,066	125,7303
10	120,004	127,6685
15	123,526	131,1903

Tabla 3.9: Resultados obtenidos para las pérdidas por espacio libre

3.8.4.1.2 Difracción Azotea a Calle

Las pérdidas por difracción azotea a calle ocasionada por el techo del último edificio están dadas por la ecuación:

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \log \left(\frac{w}{m} \right) + 10 \log \left(\frac{f}{\text{MHz}} \right) + 20 \log \left(\frac{\Delta h_{mobile}}{m} \right) + 4.0 - 0.114 \left(\frac{\varphi}{\text{grados}} - 55 \right)$$

para $h_{roof} > h_{mobile}$

$$L_{rts} = 0 \quad \text{Para } L_{rts} < 0$$

Donde:

w = Ancho promedio de las calles, distancia entre las caras de los edificios ubicados a los lados de la calle

f = Frecuencia de la portadora expresada en MHz

Δh_{mobile} : Es la diferencia entre h_{roof} y h_{mobile} expresada en metros.

L_{Ori} : Considera la orientación de las calles a un ángulo α

$$L_{Ori} = -10 + 0.354 \left(\frac{\varphi}{\text{grados}} \right) \quad \text{Para } 0^\circ \leq \varphi \leq 35^\circ$$

$$L_{Ori} = 2.5 + 0.075 \left(\frac{\varphi}{\text{grados}} - 35 \right) \quad \text{Para } 35^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ$$

$$L_{Ori} = 4.0 - 0.114 \left(\frac{\varphi}{\text{grados}} - 55 \right) \quad \text{Para } 55^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

$$\text{y} \quad \Delta h_{mobile} = h_{roof} - h_{mobile}$$

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos al aplicar las fórmulas anteriores considerando lo siguiente:

ω	= 6m
φ	= 90°
h_{roof}	= 9.25 metros
h_{mobile}	= 2 metros
Δh_{mobile}	= 7.25 metros

	f (Mhz)	f (Mhz)
	2400	5800
L_{rts} (dB)	22,4751	26,3073

Tabla 3.10: Resultados obtenidos para las pérdidas por difracción azotea a calle

3.8.4.1.3 Pérdidas de Multipantalla

La difracción debido a la presencia de múltiples techos de edificios a lo largo del trayecto de propagación está dada por la siguiente ecuación.

$$L_{msd} = L_{beh} + K_a + K_d \log \left(\frac{d}{km} \right) + K_f \log \left(\frac{f}{MHz} \right) - 9 \log \left(\frac{b}{m} \right)$$

$$L_{msd} = 0 \quad \text{para } L_{msd} < 0$$

$$L_{beh} = -18 \log \left(1 + \frac{\Delta h_{base}}{m} \right) \quad \text{para } h_{base} > h_{roof}$$

$$L_{beh} = 0 \quad \text{para } h_{base} \leq h_{roof}$$

$$K_a = 54 \quad \text{para } h_{base} > h_{roof}$$

$$K_a = 54 - 0.8 \left(\frac{\Delta h_{base}}{m} \right) \quad \text{para } d \geq 0.5 \text{ km y } h_{base} \leq h_{roof}$$

$$K_a = 54 - 0.8 \left(\frac{\Delta h_{base}}{m} * \frac{d / \text{km}}{0.5} \right) \quad \text{para } d < 0.5 \text{ km y } h_{base} \leq h_{roof}$$

$$K_d = 18 \quad \text{para } h_{base} > h_{roof}$$

$$K_d = 18 - 15 \left(\frac{\Delta h_{base}}{h_{roof}} \right) \quad \text{para } h_{base} \leq h_{roof}$$

$$K_f = -4 + 0.7 \left(\frac{f / \text{MHz}}{925} - 1 \right) \quad \text{Para ciudades medianas y centros suburbanos con moderada densidad de árboles.}$$

$$K_f = -4 + 1.5 \left(\frac{f / \text{MHz}}{925} - 1 \right) \quad \text{Para centros metropolitanos.}$$

$$\Delta h_{base} = h_{base} - h_{roof}$$

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos al aplicar las fórmulas anteriores considerando:

$K_a = 54$ Incremento de pérdidas en la trayectoria debido a una antena de la radio base ubicada a una altura menor a la de los techos de los edificios adyacentes

$$K_d = 8$$

$$K_f = -4 + 0.7 \left(\frac{f / \text{MHz}}{925} - 1 \right);$$

K_d y K_f Controlan la dependencia de las pérdidas por difracción debidas a múltiples filos de cuchillos contra la distancia y la frecuencia de radio, respectivamente.

$$h_{base} = 48 \text{ m}$$

$$h_{roof} = 9.25 \text{ m}$$

$$\Delta h_{base} = 38.75$$

Lbeh (dB)		
-29,356		
	f (Mhz)	f (Mhz)
	2400	5800
d (Km)	Lmsd (dB)	Lmsd (dB)
0,1	0	0
0,2	0	0
0,8	1,441	10,09
1	3,186	11,386
1,4	5,817	14,466
3	11,775	20,424
3,5	12,980	21,558
8	19,441	28,091
10	21,186	29,836
15	24,355	33,005

Tabla 3.11: Resultados obtenidos para las pérdidas por multipantalla

En base a estos resultados se procede a realizar los cálculos correspondientes al cálculo del presupuesto del enlace: Potencia de Recepción (P_{rx}), Margen de desvanecimiento (MD), Confiabilidad del enlace.

3.8.4.1.4 Cálculos del presupuesto del enlace (Link Budget)

El nivel de potencia recibida se puede calcular al aplicar la siguiente fórmula.

$$P_{rx} = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - A_t - A_r - L_b$$

Donde:

P_{rx} = Potencia umbral de recepción

P_{tx} = Potencia de transmisión

G_{tx} y G_{rx} = Ganancia de las antenas de transmisión y recepción

A_t y A_r = Pérdidas de cableado e inserción

L_b = Pérdidas de trayectoria, por espacio libre (NLOS)

En base a esta información se obtienen los siguientes datos:

$$P_{tx} = 20 \text{ dBm}$$

$$G_{tx} = 16,5 \text{ dB}$$

$$G_{rx} = 18 \text{ dB}$$

$$A_r = A_t = 1,5 \text{ dB} + 0,7 \text{ dB}$$

$$L_b = \text{Pérdidas de trayectoria, es la sumatoria de } L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos al aplicar las fórmulas anteriores considerando:

	<i>f</i> (Mhz)	<i>f</i> (Mhz)
	2400	5800
<i>d</i> (Km)	<i>Prx</i> (dB)	<i>Prx</i> (dB)
0,1	-48,4791	-59,9753
0,2	-54,4991	-65,9963
0,8	-67,9821	-88,0582
1	-71,6651	-91,7403
1,4	-77,2171	-97,2933
3	-89,7951	-109,871
3,5	-92,3402	-112,414
8	-105,665	-126,129
10	-109,665	-129,812
15	-116,356	-136,503

Tabla 3.12: Resultados obtenidos del cálculo del presupuesto de enlace (Link Budget)

3.8.4.1.5 Margen de Desvanecimiento (Fading Margin)

El cálculo del margen de desvanecimiento es importante debido a que nos muestra la fluctuación del nivel recibido en el receptor por debajo del nivel teórico de recepción calculado.

$$FM = P_{rx} - U_{rx}$$

Teniendo:

$$U_{rx} = -100 \text{ dB}$$

La Tabla 3.13 muestra a continuación los resultados obtenidos para el Margen de Desvanecimiento para las frecuencias de 2400 MHz y 5800 MHz.

	f (Mhz)	f (Mhz)
	2400	5800
d (Km)	FM (dB)	FM (dB)
0,1	51,5209	40,024
0,2	45,5009	34,003
0,8	32,0179	11,941
1	28,3349	8,259
1,4	22,7829	2,706
1,5	21,642	1,568
1,6	20,577	0,502
1,8	18,634	-1,4403
2	16,895	-3,179
2,2	15,322	-4,752
2,4	13,886	-6,187
2,6	12,565	-7,509
2,8	11,342	-8,731
3	10,2049	-9,871
3,1	9,6629	-10,411
3,2	9,1389	-10,935
3,3	8,6308	-11,443
3,4	8,1389	-11,936
3,5	7,6598	-12,414
3,8	6,3029	-13,772
4	5,4559	-14,618
4,1	5,0489	-15,026
4,4	3,8829	-16,191
4,6	3,1499	-16,924
4,8	2,4469	-17,627
5	1,7739	-18,318
5,2	1,1269	-18,948
5,4	0,50289	-19,571
5,8	-0,6751	-207,503
6	-1,2351	-21,268
8	-5,9821	-26,058
10	-9,6651	-297,403
15	-16,3561	-36,431

Tabla 3.13: Resultados obtenidos del cálculo del margen de desvanecimiento (Fading Margin)

En base a los resultados anteriores, se determina que la distancia máxima aceptable es de 5.4 Km para el margen de desvanecimiento calculado para la frecuencia de los 2400 MHz, con lo cual se concluye que los cálculos de margen desvanecimiento para la Urbanización PIN hasta el cerro Gatazo cubrirá sin inconvenientes la distancia de 3.5 Km existentes.

Para la frecuencia de los 5800 MHz, calculada para el margen de desvanecimiento, se cubre una distancia máxima aceptable de 1.6 Km, sin embargo es necesario conocer que este valor no es aceptable ya que el área de estudio desde la Urbanización PIN hasta el Cerro Gatazo, tiene un área mayor que la distancia aceptable.

3.8.4.1.6 Confiabilidad (Reliability R)

La confiabilidad permite determinar el porcentaje de tiempo que el radio enlace estará disponible, al utilizar el algoritmo de Barnett & Vigants, la ecuación de confiabilidad muestra los siguientes datos donde:

$$C = [1 - 0.61 * 10^{-6} * a * b * f(\text{GHz}) * (d(\text{km}))^3 * 10^{-FM/10}] * 100$$

f = frecuencia de la portadora en GHz

d = distancia desde la BS hasta el CPE

FM = Margen de Desvanecimiento

a y b = pueden variar de acuerdo al tipo de terreno y zona climática, estos valores son considerados a continuación:

Valor de a:		Valor de b:	
Terreno Montañoso	0,25	Clima Seco Sierra	0,125
Terreno Promedio	1	Clima Promedio	0,25
Terreno Liso	4	Clima Húmedo Costa	0,5

Tabla 3.14: Valores para medición de Terreno y Clima

En la Tabla 3.15 se encuentran los resultados del porcentaje de confiabilidad del sistema.

Confiabilidad	f (Mhz)	f (Mhz)
	2400	5800
	C %	C %
0,1	100	100
0,2	100	100
0,8	99,999	99,999
1	99,999	99,999
1,4	99,999	99,997
1,5	99,999	99,996
1,6	99,999	99,994
1,8	99,999	99,988
2	99,999	99,976
2,2	99,999	99,954
2,4	99,999	99,917
2,6	99,999	99,858
2,8	99,999	99,765
3	99,998	99,624
3,1	99,998	99,53
3,2	99,997	99,417
3,3	99,997	99,282
3,4	99,996	99,12
3,5	99,995	98,928
3,8	99,992	98,125
4	99,989	97,344
4,1	99,987	96,858
4,4	99,979	94,921
4,6	99,972	93,1306
4,8	99,962	90,823
5	99,9507	87,839
5,2	99,935	84,185
5,4	99,916	79,557
5,8	99,864	66,77

Tabla 3.15: Resultados obtenidos del cálculo de Confiabilidad del Sistema

Una vez finalizado con los cálculos para la red, se puede determinar que la frecuencia de 2.4 GHz, es la más idónea, para efectuar el enlace directo desde el Cerro Gatazo hasta la Urbanización PIN ya margen de desvanecimiento con la frecuencia de 2.4 Ghz se presenta a los 5.4 Km y tiene una confiabilidad de enlace del 99.99% por lo contrario con la frecuencia de 5.8 GHz el margen de desvanecimiento se presenta a los 1.6 Km y la confiabilidad en esta distancia disminuye ya que no cubre el área de cobertura necesaria.

A continuación en la Tabla 3.16 se puede observar los resultados obtenidos de cálculos de cobertura para el diseño de la Urbanización PIN utilizando la frecuencia de los 2.4 GHz, para la distancia existente entre la Estación Base ubicada en el Cerro Gatazo hasta la primera Unidad de Suscriptor ubicada en la Urbanización PIN, la distancia entre estos dos puntos es de 3.5 Km.

Distancia BS/ SU	Constante K_a	Constante K_d	L_o	L_{rts}	L_{msd}	L_b
1	54	18	100,004	22,4751	3,186	125,665
2	54	18	106,024	22,4751	8,605	137,1041
2,2	54	18	106,852	22,4751	9,35	138,6776
2,4	54	18	107,608	22,4751	10,0307	140,1138
3	54	18	109,546	22,4751	11,775	143,7961
3,5	54	18	110,885	22,4751	12,9801	146,3402
4	54	18	112,045	22,4751	14,024	148,5441
4,4	54	18	112,873	22,4751	14,769	150,1171
5	54	18	113,983	22,4751	15,768	152,2261

Tabla 3.16: Resultados cálculos de cobertura entre la Estación Base y las Unidades de Suscriptor

Con los resultados obtenidos anteriormente se puede apreciar en la Tabla 3.17 los resultados de Confiabilidad para el diseño propuesta de la Red.

Distancia BS/ SU	Path Loss L_b	Potencia de Recepción P_{rx}	Margen de Desvanecimiento MD	Confiabilidad
1	125,665	-71,665	28,335	99,99
2	137,1041	-83,1041	16,8959	99,99
2,2	138,6776	-84,6776	15,3224	99,99
2,4	140,1138	-86,1138	13,8862	99,99
3	143,7961	-89,7961	10,2039	99,99
3,5	146,3402	-92,3402	7,6598	99,99
4	148,5441	-94,5441	5,4559	99,98
4,4	150,1171	-96,1171	3,8829	99,97
5	152,2261	-98,2261	1,7739	99,95

Tabla 3.17: Resultados Cálculos de Confiabilidad para el diseño de la Red para la Urbanización PIN

3.8.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO PARA LA RED DE LA URBANIZACIÓN PIN

Para realizar el dimensionamiento del tráfico que se cursará en la red, se ha realizado un análisis estadístico del uso de las diferentes aplicaciones a través de Internet.

3.8.5.1 Correo Electrónico

La información que se intercambia por el correo electrónico, corresponde principalmente a informes, gráficos estadísticos e información personal.

Debido a que un documento solo de texto es de tamaño pequeño, aproximadamente 20 Kbytes, en tanto que un documento gráfico posee un mayor tamaño, de acuerdo al formato de la imagen que se desee transmitir teniendo un promedio para este de 400 Kbytes, se considera que el tamaño promedio de los archivos que se envían es de 500 Kbytes⁸⁵

⁸⁵De acuerdo a medidas de tráfico realizadas

Para el acceso al correo electrónico, se ha estimado que cada usuario revisa un promedio de 4 correos en una hora, de esta manera tenemos que la demanda generada por un correo electrónico para un usuario es de:

$$Demanda\ Correo = \frac{500\ Kbytes}{correo} * \frac{8\ bits}{1\ Byte} * \frac{4\ correos}{1\ hora} * \frac{1\ hora}{3600\ segundos} = 4,44\ Kbps$$

3.8.5.1.1 Estimación del Ancho de Banda para Acceso a Correo Electrónico

Para calcular el ancho de banda en el correo electrónico, se tiene que hay 350 usuarios de la red de los cuales se ha estimado que el 10% utilizará simultáneamente esta aplicación, es decir 35 usuarios, por lo tanto la demanda requerida es:

$$ABco = 4,44\ Kbps * 35\ usuarios = 155,4\ Kbps$$

3.8.5.2 Acceso a Navegación WEB

Para utilizar este servicio se ha considerado que una página web tiene un peso aproximado de 50 Kbytes, incluyendo texto e imágenes medianas y descarga de archivos, música y videos, se ha estimado que un usuario accederá a 1 página Web en 30 segundos, debido a que se brindará Internet de banda ancha.

Considerando esto, se tiene que la demanda requerida será:⁸⁶

$$Demanda\ Acceso\ Web = \frac{50\ Kbytes}{página} * \frac{8\ bits}{1\ Byte} * \frac{1\ página}{30\ segundos} = 13,33\ Kbps$$

⁸⁶De acuerdo a medidas de tráfico realizadas

3.8.5.2.1 Estimación del Ancho de Banda para Acceso a Navegación WEB

Para el acceso a la navegación WEB, se ha estimado que de los 350 usuarios el 25% accederán a él simultáneamente, es decir 88 usuarios, por lo que se requerirá

$$AB \text{ Acceso Web} = 13.33 \text{ Kbps} * 88 \text{ usuarios} = 1173.04 \text{ Kbps}$$

3.8.5.3 Voz por Internet (VoPI)

Para el estudio de transporte de la voz por Internet (VoPI), se utilizará el CODEC G.728 (LP-CELP) de 16 Kbps, el cual es un codificador-decodificador, utilizado para transportar un archivo con flujo de datos o una señal.⁸⁷

3.8.5.3.1 Estimación del Ancho de Banda para Voz por Internet (VoPI)

Para esta aplicación se prevé que el 5% de los usuarios ocuparán el servicio al mismo tiempo, es decir 18 usuarios de los 350 usuarios de la Urbanización, y se necesitará 288 Kbps.

$$AB \text{ VoPI} = 16 \text{ Kbps} * 18 \text{ usuarios} = 288 \text{ Kbps}$$

3.8.5.4 Servicios Multimediales

Para utilizar los servicios de multimedia, tal como el chat de usuarios, descarga de archivos, youtube, etc., se asume un ancho de banda de 128 Kbps, para transmisiones aceptables.

⁸⁷Tomado de la página: http://www.tecnoxarxa.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=23

3.8.5.4.1 Estimación del Ancho de Banda para Servicios Multimediales

Para esta aplicación se tomará que el 5% de los usuarios ocuparán el servicio al mismo tiempo, es decir 18 usuarios de los 350 usuarios de la Urbanización, y se necesitará 2304 Kbps, lo cual equivale a 2.3 Megas.⁸⁸

$$AB \text{ Servicios Multimediales} = 128 \text{ Kbps} * 18 \text{ usuarios} = 2304 \text{ Kbps}$$

3.8.5.5 Capacidad del Canal para Acceso al Internet por Usuario

La capacidad del canal para acceso al Internet por usuario se determina de la siguiente forma:

$$\text{Ancho de banda por usuario} = 13.33 \text{ Kbps} + 4.44 \text{ Kbps} + 16 \text{ Kbps} + 128 \text{ Kbps}$$

$$\text{Ancho de banda por usuario} = 161.77 \text{ Kbps (256 Kbps normalizado)}$$

3.8.5.6 Capacidad del Canal para Acceso al Internet

La capacidad total del canal se obtiene de la suma de la capacidad requerida para el tráfico hacia Internet y el servicio de correo electrónico.

$$\text{Capacidad Canal} = \text{Correo} + \text{Acceso WEB} + \text{VoPI} + \text{Servicios Multimedia}$$

Reemplazando a la fórmula se tiene:

$$\text{Capacidad Canal} = 155.4 \text{ Kbps} + 1173.04 \text{ Kbps} + 288 \text{ Kbps} + 2304 \text{ Kbps}$$

$$\text{Capacidad Canal} = 3920.44 \text{ Kbps}$$

$$\text{Capacidad Canal} = 4 \text{ Megas aproximadamente (2 E1's)}$$

⁸⁸De acuerdo a medidas de tráfico realizadas

Con el análisis de los porcentajes de simultaneidad con que los 350 usuarios accederán a los servicios básicos de Internet, nos da como resultado que el ancho de banda total requerido para garantizar un servicio de calidad, es de aproximadamente 4 Mbps lo cual quiere decir que la contratación al ISP será de dos E1's.

Adicionalmente es necesario indicar que la configuración de la red, permitirá que un usuario pueda llegar a ocupar 1 Mega byte de acceso a Internet contratado siempre y cuando no exista demanda de otros usuarios, caso contrario el ancho de banda se dividirá de forma equitativa para cada usuario conectado.

Para garantizar que todos los usuarios accedan al servicio de Internet, se establecerá para cada usuario el ancho de banda promedio requerido, para lograr esto es necesario conocer que en BreezeAccess VL existen modos de configuración propias del equipo, lo cual es una de las ventajas de BreezeAccess, ya que por medio de un software de aplicación conocido como Sistema de Gestión Alvaristar propio de ALVARION, se puede dividir el ancho de banda contratado para el número total de usuarios lo cual permitirá garantizar un ancho de banda de 256 Kbps para cada usuario y facilitando la administración de la red del operador del sistema.

3.8.6 CAPACIDAD DE LAS UNIDADES SUSCRIPTORAS Wi2

Cada Estación Base BreezeAccess VL, se limita hasta un máximo de 8 Access Unit (AU), en nuestro caso actualmente utilizaremos una AU para la conexión, la cual se conectará con las tres unidades suscriptoras SUs Wi2, sin embargo es necesario conocer que el número de unidades suscriptoras, que soporta cada Unidad de Acceso (AU) Wi2, es de 128 usuarios concurrentes.

Para la Estación Base a ser ubicada en el Cerro Gatazo, se realiza un diseño con cobertura a un sector con tres unidades de Acceso Wi2, donde la forma de conexión desde la estación base, Breezeaccess VL, hacia las unidades

suscriptoras Breezeaccess Wi2 funcionará en modalidad punto – multipunto, lo cual quiere decir que cada una de las unidades suscriptoras efectuarán una conexión directa a la estación base a través de la interface WiMAX.

Entre las unidades suscriptoras Wi2, existirá interconexión a través de la interface Wi-Fi para formar una malla que permita habilitar un enlace de contingencia entre unidades suscriptoras, proporcionando de esta manera acceso al servicio de Internet a usuarios dentro de las áreas de cobertura proporcionada por cada unidad suscriptora, adicionalmente existirá una ruta de conexión en caso de presentarse una falla en la conexión directa entre la estación base y cualquiera de las unidades suscriptoras, esto quiere decir que si una unidad suscriptora fallara en la conexión con la estación base, la unidad suscriptora será capaz de conectarse vía enlace Wi-Fi con otra unidad suscriptora y así proveer de conexión a los usuarios, esto es posible debido a las características de los equipos BreezeAccess.⁸⁹

⁸⁹Tomado de la página: http://new.wireless.bfioptilas.es/objects/46_9_521049238/BreezeACCESS-Wi2_DS_%20ES.pdf

CAPITULO 4

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

4.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

4.1.1 INDICADORES DE CALIDAD PARA FACTIBILIDAD DEL SERVICIO

El presente proyecto tiene por objeto realizar un esquema de análisis por procedimientos, que permitan verificar la operatividad y funcionalidad de la solución propuesta en la red y en el usuario final.

4.1.1.1 Indicadores de calidad para medir el servicio de Internet en la red

Con el fin de velar por la correcta operación del servicio de acceso al Internet, y que el presente proyecto refleje indicadores que midan la funcionalidad de la red propuesta de manera confiable, segura y con alto grado de disponibilidad se presenta a continuación fases de pruebas con el fin de organizar a nivel funcional los distintos niveles de pruebas:

- Definición e instalación del escenario de pruebas
- Prueba de integración de equipos
- Pruebas de campo con un grupo reducido de usuarios

Las pruebas de campo con un número reducido de usuarios reales, se realizarán con la configuración de servicios finales solicitados al proveedor del servicio de Internet, la finalidad es comprobar que los procesos asociados a la gestión de servicios estén correctamente configurados y operativos, de manera que una vez concluida esta fase el proveedor de Internet pueda comenzar con el despliegue comercial del servicio.

Las pruebas técnicas serán efectuadas en 5 usuarios dentro del área de cobertura de la red, durante el período de pruebas el proveedor del servicio de acceso al Internet no facturará ninguna cuota mensual, pero si se presentará una factura proforma.

Otro tipo adicional de pruebas que pueden ser efectuados para verificar la funcionalidad de la red propuesta son ciertos indicadores de calidad detallados a continuación.

- a) Tasa de pérdida de paquetes
- b) Tiempo de latencia
- c) Tasa de ocupación de enlace

a) Tasa de pérdida de paquetes: La prueba a efectuarse en la tasa de pérdidas de paquetes, corresponde a la medida del porcentaje de pérdidas de paquetes enviados a un destino y que no reciben su respectiva respuesta, durante un determinado período de tiempo, el porcentaje de pérdida de paquetes debe estar entre el 2% y 5% promedio medido en todo el enlace local provisto por nuestro proveedor de última milla en la Urbanización PIN, se entenderá como un paquete perdido aquel cuya respuesta se demore más de 2400 milisegundos (timeout).

b) Tiempo de latencia: Para el caso del indicador de latencia, también conocido como retardo, se puede realizar un muestreo estadístico induciendo paquetes de un determinado tamaño cada cierto período de tiempo, la prueba a efectuarse en el tiempo de latencia, medirá el tiempo que demora un paquete en ir y volver hacia otro punto definido dentro de la red, el tiempo de latencia en la red deberá estar entre los 20 milisegundos y 70 milisegundos.

c) Tasa de ocupación de enlace de subida y de bajada: La medición de la tasa de ocupación del enlace se puede realizar vía protocolo SNMP, consultando las

MIB's⁹⁰ de los equipos (routers, switches, etc), la tasa de ocupación del enlace medirá en porcentaje la capacidad del enlace de subida y bajada, entre un ISP y su respectivo PIT⁹¹ en un determinado período de tiempo.

Las pruebas descritas tienen como objetivo comprobar el adecuado comportamiento de la red para el servicio definido.

4.1.1.2 Integración de la red propuesta y del servicio a ofertar

La finalidad de esta fase de pruebas es verificar la interoperabilidad a nivel equipamiento en la red, donde los equipos de prueba deben estar configurados adecuadamente por parte del grupo encargado para la instalación de la red propuesta en la Urbanización PIN y el proveedor del servicio, así mismo el grupo operativo encargado de la instalación de la red deberán garantizar que existen los PC's, laptops y/o CPE's necesarios para llevar a cabo las pruebas necesarias.

Para esta fase de pruebas es importante el haber solicitado al proveedor los servicios de interconexión necesarios así como los procedimientos asociados a instalación, provisión de servicios y atención de averías.

Una vez que se haya garantizado que la red está integrada se procederá a comprobar los servicios extremo a extremo, donde se comprobará que no existe ningún tipo de alarmas en los routers de ambos extremos de la interconexión y que los puertos interconectados envían y reciben tramas.

4.1.1.3 Validación de acceso al Internet

El operador encargado de la red propuesta configurará en cada PC o laptop de prueba los parámetros de DNS adecuados del navegador y una cuenta de

⁹⁰MIB: Base de Información para la administración, contenida en la memoria interna de un dispositivo

⁹¹PIT: Punto de intercambio de tráfico nacional de Internet, que cumple la función de agrupar e intercambio tráfico en el ISP

email, se validará que las máquinas conectadas y configuradas puedan navegar a diversas páginas y que el correo configurado se descarga correctamente.

El operador de la red dispondrá en un punto interno de la red propuesta, de un servidor capaz de responder al comando ping, el operador desde cada equipo realizará un ping a dicho servidor al menos tres veces y con esto se comprobará que el tiempo de retardo es el adecuado (inferior a 50 milisegundos), adicionalmente se realizará una prueba de apagado forzoso a los equipos que proveen el servicio de acceso al Internet con lo cual se medirá el tiempo que tarda un PC conectado a la red en conseguir una dirección IP desde el momento en el cual se haya recuperado el enlace y se validará que el tiempo será aceptable si es menor a 5 minutos.

4.1.1.4 Pruebas de concurrencia de acceso al servicio de Internet

Con la prueba de acceso concurrente al servicio de Internet se verificará la respuesta del sistema al acceso simultáneo en la navegación web, descarga de archivos, etc.

Con esta prueba se validará que la navegación no será afectada si se desea realizar varias descargas y navegación en Internet.

4.1.1.5 Indicadores de calidad para medir el servicio de internet en usuarios finales

Los indicadores de calidad para medir el servicio de acceso al Internet en usuarios finales, pactará dos modos de contacto con el operador cuando existan inconvenientes en la funcionalidad del servicio tal como fallas en la conexión, detección de averías, daños en equipos, etc.

A continuación, en la Imagen 4.1 se presenta un flujograma del proceso de soporte técnico para los usuarios del sistema de acceso a Internet de banda ancha fijo inalámbrico WiMAX en la Urbanización PIN.

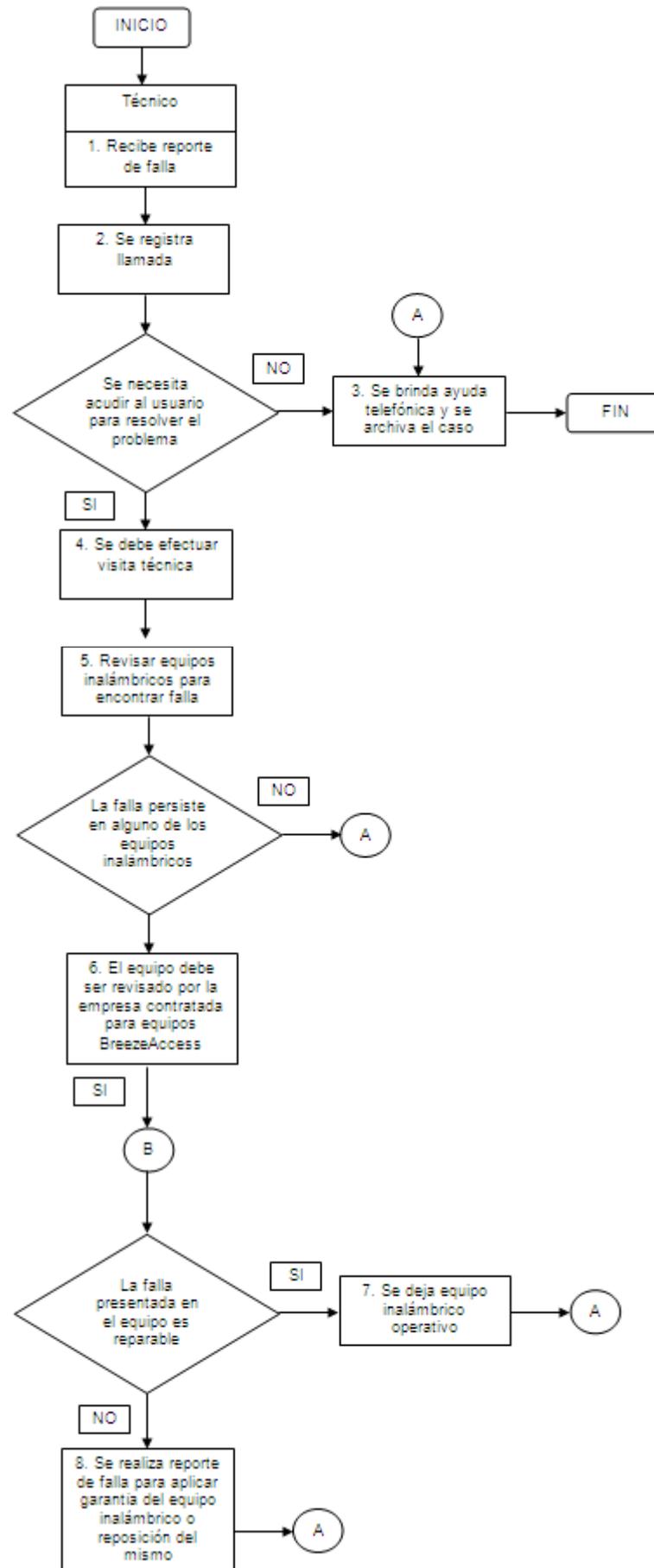


Imagen 4.1: Propuesta de soporte técnico a equipos BreezeAccess para la Urbanización PIN

Los requerimientos podrán ser comunicados al operador encargado de la red mediante:

- Consulta vía línea telefónica
- Consulta de manera personal

Si es una consulta o problema de primer nivel, el encargado de la red puede brindar la solución al cliente mediante contacto telefónico, el encargado de la red analizará el problema y si es posible lo resuelve sin necesidad de la asistencia directa, caso contrario el encargado deberá revisar el requerimiento notificado de manera presencial.

Si es un problema presentado en el funcionamiento de equipos o enlace, el encargado de la red debe canalizar el requerimiento a los especialistas del producto, dependiendo de la complejidad de la solución.

La medición de estos requerimiento efectuados en los usuarios podrán ser medidos mediante reportes para control y verificación de la funcionalidad del servicio de acceso al Internet en el cliente los cuales pueden ser medidos mediante reportes por producto y por cliente.

Los reportes por producto reflejarán y permitirán conocer los problemas del producto mayormente notificado.

Los reportes por usuario permitirán medir que usuario es el que más requiere asistencia del servicio, con esto se podrá hacer gestión en el mismo usuario para buscar una solución definitiva sobre el inconveniente notificado.

4.1.1.6 Pruebas de facturación

Al final de las pruebas realizadas, el proveedor presentará una factura proforma por los servicios de coubicación, interconexión y préstamos desde el inicio del período de pruebas hasta el fin de las mismas.

El operador encargado recibirá la factura de manera personal y deberá comprobar:

- a) Que los precios aplicados son los pactados
- b) Que los conceptos facturados corresponden a los servicios prestados
- c) Que la medición de lo facturado corresponde a lo realizado

4.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

4.2.1 ESTACIÓN BASE (BS)

A continuación se detalla los componentes de la estación base BreezeAccess VL modelo AU-D-SA-5.4-60-VL y el respectivo costo unitario.

Estación Base BreezeAccess VL		
Componente	Cantidad	Costo
Radio Bridge Punto Multipunto	1	\$1.285,63
BreezeAccess VL-AU	1	\$994,34
Chasis (Capacidad hasta 8 VL-AU)	1	\$898
BreezeAccess VL-SU (54 Mbps)	1	\$988,63
Antena direccional 60°	1	\$119,63
Controlador de AP y Software Alvaristar	1	\$835,94
Cable FTP para conectar la unidad externa a la antena	1 rollo	\$279,81
	TOTAL:	\$ 5.401,98

Tabla 4.1: Costos referenciales de la Estación Base BreezeAccess VL

4.2.2 UNIDAD SUSCRIPTOR (SU)

A continuación se detalla los componentes de la Unidad Suscriptor BreezeAcces Wi2 modelo SU-A-5.4-3-B-VL y el respectivo costo unitario.

Unidades de Suscriptor BreezeAccess Wi2			
Componente	Cantidad	Costo	Total
Unidad de radio con antena omnidireccional integrada de 8dBi, Omnidireccional	3	828,09	\$2.484,27
Access Point Wi-Fi para Wi2 ALVR-Wi2-ODU-b/g	3	789,78	\$2.369,34
		TOTAL	\$ 4.853,61

Tabla 4.2: Costos referenciales de las Unidades de Suscriptor BreezeAccess Wi2

4.2.3 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL

En este punto se considerará todos los costos de infraestructura adicional que intervienen en la implementación de la red de Banda Ancha Inalámbrica WiMAX, objeto del presente proyecto de titulación, por lo cual los costos extra en equipamiento se detallan en la Tabla 4.3, dicho equipamiento extra es necesario para el alojamiento de equipos y accesorios adicionales al sistema.

Accesorios	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Patch Cord monomodo FC/PC instalado	unidad	3	86,25	\$258,75
Switch	unidad	1	50	\$50
Cable UTP categoría 5e	metros	300	100	\$100
Sistema de tierra de equipos	unidad	3	100	\$300
Soporte de antenas panel de radio base con inclinación	unidad	3	100	\$300
			TOTAL	\$ 1.008,75

Tabla 4.3: Costos de Infraestructura adicional para la red WiMAX de la Urbanización PIN

4.2.4 COSTOS DE LICENCIA PARA OPERACIÓN DE REDES PRIVADAS

Las Redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas en su exclusivo beneficio, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad o bajo su control, por lo cual se servirá demostrar que las instalaciones a implementarse son de su propiedad o contrato (convenio) de arrendamiento del lugar donde se ubicarán los equipos y especificaciones el tipo de instalación a implementarse (estación repetidora o terminal) y la finalidad de la estación terminal (matriz, sucursal, bodega, oficina).⁹²

4.2.5 COSTOS ARRENDAMIENTO INFRAESTRUCTURA

En el Cerro Gatazo, existe infraestructura de diferentes operadores y medios de comunicación, los valores que se toman en cuenta para este rubro son mostrados a continuación en la Tabla 4.4.

	Ubicación de Antenas		Espacio para equipos		Total Pago Arrendamiento
Estación	Cantidad	Total	Cantidad	Total	
Cerro Gatazo	1	\$ 90	3	\$ 80	\$170

Tabla 4.4: Costos arrendamiento de infraestructura para la red WiMAX

4.2.6 PAGO PROVEEDOR (ISP)

Para la contratación de dos E1's, se debe cancelar mensualmente al proveedor de Internet un valor de \$1500 por los dos E1's, este valor ha sido considerado ya que se ha consultado con diferentes proveedores del área.

⁹²Tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=40%3Arequisitos&id=155%3AserVICIOS-de-redes-privadas&option=com_content&Itemid=166

4.2.7 COSTOS OPERACIÓN

Para determinar los costos de implementación se tomará en consideración los costos de ingeniería y los costos de mano de obra.

Para la implementación del proyecto se necesitará la contratación de un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones cuyas funciones serán la supervisión del montaje y configuración de equipos, también se necesitará personal con conocimientos en el campo eléctrico y de montaje de equipo electrónico para cumplir adecuadamente con el funcionamiento de la red.

El rubro por servicios profesionales en la implementación del diseño de la red se estima alrededor de los \$1000 para Ingenieros a cargo del proyecto y \$800 para el área técnica encargada de la instalación y mantenimiento de la red WiMAX, estos valores son mostrados a continuación en la Tabla 4.5, sin embargo es necesario conocer que estos costos de operación no son consideramos mes a mes debido a que son gastos por instalación del equipamiento y puesta en marcha de la red, requiriendo así únicamente de un técnico que se encargue del monitoreo y mantenimiento de la red propuesta.

Cargo	Cantidad	Rubros
Ingenieros	1	\$1.000
Técnicos	2	\$800
Total:		\$1.800

Tabla 4.5: Rubros para instalación y mantenimiento de la red WiMAX

4.2.8 COSTO TOTAL DE LA RED

El valor total para la implementación de la red inalámbrica se determina mediante la sumatoria de los costos mencionados anteriormente en este capítulo, considerados para el primer año de operación que contempla la instalación y los costos mensuales por el primer año.

Item	Descripción	Valor
1	Costos de equipos de la red inalámbrica	\$11.486,25
2	Infraestructura adicional	\$4.691,40
3	Costos arrendamiento	\$2.040
4	Pago ISP	\$18.000
5	Permiso Explotación Red Privada	\$500
6	Costos Operación	\$12.000
	TOTAL:	\$ 48.717,65

Tabla 4.6: Costo Total para la red WiMAX primer año de operación

4.3 TARIFA DE LOS SERVICIOS OFRECIDOS

A continuación se detallan las tarifas de los servicios que van a ofrecer de acuerdo al mercado al cual va dirigido, estos valores están establecidos en base a algunos operadores existentes en el mercado, se realizó una comparación en cuanto a precios y se optó por utilizar como referencia uno de los servicios más conocido en el mercado, el cual es el servicio “Fast Boy” de la CNT.

4.3.1 TARIFA INTERNET BANDA ANCHA RESIDENCIAL

A continuación en la Tabla 4.7 se presenta las tarifas para el acceso de Internet del mercado residencial.

Plan	Costo incluido IVA	Descripción
128/64 Kbps	20,16	Banda Ancha Ilimitada
256/128 Kbps	27,89	Banda Ancha Ilimitada
512/128 Kbps	44,69	Banda Ancha Ilimitada
1024/256 Kbps	72,8	Banda Ancha Ilimitada
2048/512 Kbps	119,89	Banda Ancha Ilimitada

Tabla 4.7: Precios Internet Banda Ancha Residencial

4.3.2 COSTO INTERNET BANDA ANCHA CORPORATIVA

A continuación la Tabla 4.8 presente las tarifas para el acceso de Internet del mercado corporativo.

Plan	Instalación	Costo incluido IVA
128/64 Kbps	115	\$74,75
256/128 Kbps	230	\$99
512/128 Kbps	230	\$329
1024/256 Kbps	230	\$770,5
2048/512 Kbps	230	\$891,25

Tabla 4.8: Precios Internet Banda Ancha Corporativo

4.3.3 FLUJO CAJA

El flujo de caja, permite determinar el cálculo real del movimiento de efectivo durante un período en mención, por lo cual es necesario conocer que en el primer año se ha pensado invertir un valor que cubra el costo de equipos, infraestructura y puesta en marcha del proyecto.

En los siguientes años, se piensa invertir en nuevos posibles abonados en la red, aun cuando dentro de la Urbanización no se ha considerando el crecimiento de nuevas viviendas, sin embargo es necesario conocer que el proyecto se encuentra considerado para cubrir a un 55% adicional de nuevos usuarios dentro del tiempo de estudio del proyecto.

En los ingresos se considerará el precio por el servicio de banda ancha para la toda la Urbanización, lo cual quiere decir que cada usuario efectuará un pago de \$20 dólares, por tarifa básica mensual, entregando una conexión de 256 Kbps en conexión inalámbrica, y un valor de \$25 dólares por concepto de instalación, este cálculo de ingresos se detallará en la Tabla 4.9.

Para efectos de evaluación de proyectos se tomará una tasa de descuento del 16%, para los cálculos del VAN y TIR, los cuales son mostrados a continuación en la Tabla 4.10.

4.4 INDICADORES DE RENTABILIDAD

La evaluación financiera del proyecto se basa en la identificación de ingresos y gastos tanto operativos como de inversión, para poder determinar la evaluación financiera del presente proyecto de titulación se utilizará el criterio costo-beneficio, el cual tiene indicadores que ayudan a escoger entre las alternativas más rentables, entre estos tenemos:

- a) Valor actual neto (VAN)
- b) Tasa interna de retorno (TIR)

4.4.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Representa el valor de los ingresos y egresos de cada período, lo cual quiere decir que es la suma de ingresos menos egresos, para estimar este indicador se lo realiza a través de la siguiente fórmula:

$$VAN = FFN(inicial) + \frac{FFN}{(1+TD)}$$

Donde:

VAN: Valor Actual Neto

FNN: Flujo de Fondos Neto

TD: Tasa de Descuento

4.4.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Expresa el rendimiento de la inversión, este indicador representa una tasa de descuento en la que se genera un flujo de ingresos y egresos a través del tiempo.

La TIR es la tasa de descuento a la cual los ingresos cubren los costos del proyecto y hace que el Valor Actual Neto sea igual a cero.

$$\sum_{t=0}^T FFN_t / (1 + TD)^t = 0$$

Item	DESCRIPCIÓN	VALORES CALCULADOS POR AÑO									
		1	2	3	4	5					
1	Costo de instalación por nuevo usuario	25	25	25	25	25					
2	Valor total por instalación considerando a los 350 usuarios:	8750	0	0	0	0					
INGRESOS SERVICIO DE INTERNET POR AÑO											
Item	DESCRIPCIÓN	PRECIO AÑO 1	PRECIO AÑO 2	PRECIO AÑO 3	PRECIO AÑO 4	PRECIO AÑO 5	INGRESOS POR AÑO				
							1	2	3	4	5
1	Costo de servicio Internet Banda Ancha Inalámbrico de 256 Kbps	20	18	16	14	10	84000	75600	67200	58800	42000
INGRESOS TOTALES POR AÑO							\$ 92.750	\$ 75.600	\$ 67.200	\$ 58.800	\$ 42.000

Tabla 4.9: Estimación de Ingresos para la red WiMAX por años

ANÁLISIS DEL PROYECTO POR AÑOS					
	2010	2011	2012	2013	2014
INGRESOS					
Costo Instalación por 350 usuarios	\$8.750	\$25	\$25	\$25	\$25
Costo Servicio de Internet anual	\$84.000	\$75.600	\$67.200	\$58.800	\$42.000
Total de Ingresos	\$92.750	\$75.625	\$67.225	\$58.825	\$42.025
EGRESOS					
Costos de Operación	\$12.000	\$12.000	\$12.000	\$13.000	\$13.000
Pago ISP	\$18.000	\$18.000	\$18.000	\$18.000	\$18.000
Costos Arrendamiento	\$2.040	\$2.040	\$2.040	\$2.040	\$2.040
Permiso explotación Red Privada	\$500	0	0	0	0
Total Egresos	\$32.540	\$32.040	\$32.040	\$33.040	\$33.040
UTILIDAD OPERACIONAL	\$60.210	\$43.585	\$35.185	%25.785	\$8.985
Gastos en Equipamiento de Red	\$11.486	0	0	0	0
Infraestructura Adicional	\$4.691	\$2.500	\$2.007	\$1.434	\$770
Flujo Neto	-28284	\$44.032	\$41.085	\$33.178	\$24.351
VAN	107.108	80.212	51.962	27.097	30.893
TIR	142%				

Tabla 4.10: Evaluación Financiera del Proyecto con una tasa de descuento del 16%

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 4.10, se puede determinar que para realizar una inversión utilizando T.I.R, se debe considerar que cuando TIR es mayor que la tasa de descuento, el rendimiento que se obtendría será mayor por lo cual se determina conveniente efectuar el proyecto.

4.5 FACTIBILIDAD LEGAL DEL PROYECTO

4.5.1 REQUISITOS PARA OBTENER EL PERMISO PARA LA EXPLOTACIÓN DE REDES PRIVADAS

Los formularios requeridos para solicitar los permisos para la explotación de redes privadas se muestran en los Anexos 5, 6 y 7.⁹³

4.5.1.1 Persona Natural

- Solicitud dirigida al Sr. Secretario Nacional de Telecomunicaciones,
- Copia RUC,
- Copia de la cédula de Identidad,
- Copia del último certificado de votación,
- Anteproyecto técnico elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y/o telecomunicaciones (debidamente colegiado, adjuntar copia de licencia profesional); y,
- Otros documentos que la SENTEL solicite.

4.5.1.2 Persona Jurídica

- Solicitud dirigida al Sr. Secretario Nacional de Telecomunicaciones,
- Escritura de constitución de la compañía domiciliaria en el país,

⁹³Anexos 5-6-7 pueden ser ubicados en:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=40%3Arequisitos&id=155%3AserVICIOS-de-redes-privadas&option=com_content&Itemid=166

- Nombramiento del representante legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil,
- Copia del RUC,
- Copia de la cédula de identidad del Representante Legal,
- Copia del último certificado de votación del Representante Legal,
- Anteproyecto técnico elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y/o telecomunicaciones (debidamente colegiado, adjuntar copia de licencia profesional); y,
- Otros documentos que la SENTEL solicite.

4.5.1.3 Derechos del permiso

Mediante la Resolución 072 – 03 – CONATEL – 2002⁹⁴ el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resuelve determinar como valor de permiso para la prestación de servicios de valor agregado el valor, el valor de \$500 dólares de los Estados Unidos de América.

El plazo de duración de un permiso para la operación de Redes Privadas será de 5 años, prorrogables por igual período, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando haya cumplimiento con los términos y condiciones del título habilitante.⁹⁵

⁹⁴Ver Anexo 5 tomado de la página:

<http://www.supertel.gov.ec/index.php/servicios-de-telecomunicaciones/65-acceso-a-la-internet/264-requisitos?format=pdf>

⁹⁵Tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=40%3Arequisitos&id=155%3AserVICIOS-de-redes-privadas&option=com_content&Itemid=166

4.5.2 NORMATIVA PARA SISTEMAS QUE UTILIZAN TÉCNICA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA

En el Ecuador no existe una normativa que regule cada uno de las tecnologías de banda ancha, la única regulación existente para este tipo de aplicaciones es la publicada en el Registro Oficial N° 143 del 11 de Noviembre del 2005, cuyo objetivo fundamental es la regulación de los sistemas de radiocomunicaciones que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha⁹⁶, por tal motivo es necesario considerar partes destacadas de la normativa mencionada.

- a) Ley especial de Telecomunicaciones Reformada: El artículo 1 indica que la ley tiene por objeto: *“normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos y otros sistemas electromagnéticos”*.
- b) El capítulo IV, artículo 25, hace mención de que *“todas las personas naturales o jurídicas, ecuatorianas o extranjeras, tienen derecho a utilizar los servicios públicos de telecomunicaciones condicionado a las normas establecidas en los reglamentos y al pago de las tasas y tarifas respectivas”*. Además, *“las empresas legalmente autorizadas establecerán los mecanismos necesarios para garantizar el ejercicio de los derechos de los usuarios”*.
- c) En su artículo 22 se define al Servicio Universal como *“la obligación de extender el acceso de un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones aprobados por el CONATEL a todos los habitantes del territorio nacional, sin perjuicio de su condición económica, social o su localización geográfica, a precio asequible y con la calidad debida”*.

⁹⁶Tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=111%3Anorma-para-la-implementacion-y-operacion-de-sistemas-de-modulacion-digital-de-banda-ancha&Itemid=104

- d) Sobre instalación y operación el artículo 27 menciona que: *“los sistemas de radiocomunicación serán instalados y puestos en operación dentro del plazo establecido en las normas técnicas de cada uno de los servicios, prorrogable por el mismo periodo y por una sola vez, previa solicitud del concesionario o usuario”,* adicionalmente indica que *“el concesionario o usuario será el único responsable por las interferencias perjudiciales o por daños que puedan causar sus instalaciones a otros sistemas de radiocomunicación o a terceros, por lo cual está obligado a solucionarlos a su costo y en el tiempo que determine la SUPTEL una vez que los haya comprobado”.*

La Ley especial de Telecomunicaciones se encarga de normar a nivel nacional asuntos relacionados con la transmisión de información, por lo cual el sistema de acceso Inalámbrico fijo de Banda Ancha debe ser legalmente autorizado para prestar dicho servicio de conexión.

Toda la Normativa para Sistemas que utilizan técnica de modulación digital de banda ancha, se encuentra en el Anexo 8.⁹⁷

4.5.2.1 Norma Técnica

En la Norma Técnica expedida por el CONATEL, se toma como características de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha:

- a) Una distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de una anchura de banda mucho mayor que la convencional, y con un nivel bajo de potencia,

- b) La utilización de técnicas de modulación que proporcionan una señal resistente a las interferencias,

⁹⁷Anexo 8, tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&catid=49%3Aregulacion-de-servicios&id=111%3Anorma-para-la-implementacion-y-operacion-de-sistemas-de-modulacion-digital-de-banda-ancha&Itemid=104&showall=1

- c) Permitir a diferentes usuarios utilizar simultáneamente la misma banda de frecuencias,
- d) Coexistir con sistemas de Banda Ancha, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Electromagnético; y,
- e) Operar en Bandas de Frecuencia inscritas en el cuadro de atribución de bandas de frecuencia.

4.5.2.2 Bandas de frecuencia

El reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT⁹⁸ la Nota 5.150, establece que las bandas 902 – 928 MHz, 2400 - 2500 MHz y 5725 – 5875 MHz, están asignadas para las aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM).

Las Bandas de Infraestructura Nacional de Información (INI), tiene asignadas las bandas de frecuencia para la Operación de Sistemas de Modulación digital de Banda Ancha de la banda estable que las bandas 5120 – 5250 MHz, 5250 – 5350 MHz, 5470 – 5725 MHz y 5725 – 5850 MHz , están asignadas para las aplicaciones INI.

Las Bandas de Frecuencia en las que está permitida la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de modulación digital de Banda Ancha son mostradas a continuación en la Tabla 4.11.

⁹⁸UTI: Unión Internacional de Telecomunicaciones, organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel Internacional entre la distintas administraciones y empresas operadoras

Banda (MHz)	Asignación
902 - 928	ICM
2400 - 2483.5	ICM
5150 - 5250	INI
5250 - 5350	INI
5470 - 5725	INI
5725 - 5850	ICM,INI

Tabla 4.11: Bandas de Frecuencia que utilizan modulación digital de Banda Ancha⁹⁹

4.5.3 SERVICIOS INALÁMBRICOS EN EL ECUADOR

Entre los servicios inalámbricos de banda ancha fijos con los que cuenta el país son:

- El servicio MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service), el cual tiene asignado la banda de 2.5 - 2.685 GHz, para televisión codificada terrestre, este tipo de servicio es regulado por el CONARTEL (Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión).
- La banda de 3.4 - 3.8 GHz, utilizada para el enlace de acceso fijo inalámbrico (FWA) empleando WLL y se analizará la posibilidad de incluir WiMAX en estas frecuencias, la banda fue dividida en 6 sub bandas de 50 MHz cada una y se ha dado 3 concesiones de frecuencias en las sub bandas B-B' y C-C' para servicios de Telefonía Fija Local y Telefonía de Larga Distancia Nacional utilizando WLL, para la CNT se encuentra asignada la sub banda A-A'; A (3.4 – 3.425) Ghz y la A' (3.5 – 3.525) Ghz.
- Las bandas de 902 – 928 MHz, 2400 – 2500 MHz y 5725 – 5875 MHz están asignadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas.

⁹⁹Tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=111%3Anorma-para-la-implementacion-y-operacion-de-sistemas-de-modulacion-digital-de-banda-ancha&Itemid=104&showall=1

En el Ecuador en el caso de las telecomunicaciones el organismo encargado SUPTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), realiza un control por cada uno de los servicios que recibe el usuario, tomando en cuenta las normas y reglamentos establecidos por el CONARTEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) para cada uno de los servicios:

- Telefonía fija
- Telefonía móvil y servicio de mensajes cortos
- Portadores
- Provisión de Internet: Dial Up y Banda Ancha

Dentro de la Legislación ecuatoriana para la prestación de cualquier servicio sea de telecomunicaciones o radiodifusión y televisión se necesita un título habilitante.

Existen dos tipos de títulos habilitantes que da el estado ecuatoriano, el *Permiso* y la *Concesión*.

- a) Permiso: El permiso se lo da para quienes quieren prestar servicios de valor agregado u operar una red privada.
- b) Concesión: La concesión se da a quienes desean prestar servicios finales o portadores de telecomunicaciones y para la asignación de uso de frecuencia del espectro radioeléctrico.

4.5.3.1 Propuesta de Marco Regulatorio para Sistemas con Tecnología Inalámbrica WiMAX

Es importante considerar que la administración y regulación del espectro radioeléctrico debe estar orientada a la utilización efectiva y eficaz.

La tecnología WiMAX corresponde a la especificación 802.16 de la IEEE, para redes inalámbricas de área metropolitana o Wireless Metropolitan Area Networks (WMAN).

4.5.3.2 Consideraciones Legales para la red WiMAX

Para formular la Normativa Técnica que se debe cumplir para la aplicación de redes que utilizan técnicas inalámbricas WiMAX, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

El artículo 247 de la Constitución Política de la República, así como también el artículo 47 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, disponen que el Espectro Radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible.

De conformidad con lo señalado en el artículo enumerado primero del artículo 10 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada (Ley 94 publicada en el Registro Oficial 770 del 30 de Agosto de 1995), el Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones del país.

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT la Nota 5.150, establece que las bandas 902 – 928 MHz, 2400 – 2500 MHz y 5725 – 5875 MHz están asignadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM).¹⁰⁰

¹⁰⁰Tomado de la página:

http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=111%3Anorma-para-la-implementacion-y-operacion-de-sistemas-de-modulacion-digital-de-banda-ancha&Itemid=104&showall=1

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Al finalizar el presente estudio del proyecto se puede concluir que:

- El estudio teórico de las tecnologías alámbricas xDSL, permitieron tener un criterio de evaluación sobre las desventajas presentadas en el tiempo de instalación de una infraestructura cableada ya que esta puede durar por lo regular varios meses e inclusive años en su instalación, lo cual implica gastos previos por el largo tiempo transcurrido en la puesta en marcha del sistema, por lo contrario la instalación de sistemas inalámbricos pueden ser instalados y puestos en funcionamiento en unos cuantos meses.
- WiMAX, es una tecnología que permite el acceso inalámbrico a Internet de banda ancha, pero que se puede extender para brindar servicios de datos, voz y video.
- A diferencia de otras tecnologías inalámbricas, WiMAX cuenta con características tal como mayor cobertura, no requiere línea de vista para su operación, y QoS para voz y video, con esto se puede asegurar que esta tecnología es la opción más viable para aplicación en gran escala.
- IEEE 802.16-2004, surge como la primera solución para conexiones fijas, la cual es conocida como WiMAX fijo, con tasas de datos de 1 Mbps a 75 Mbps, reemplazando la tecnología DSL.

- WiMAX como una propuesta de solución inalámbrica constituye una alternativa viable para ser implementada en sectores a los que no se está dando servicio de banda ancha, sin embargo al realizar el diseño de la red se deben tener en cuenta consideraciones que hagan que las características se vean limitadas.
- WiMAX se perfila como una solución que se ajusta a la realidad de nuestro medio, brindando soluciones con costos asequibles, para proveer del servicio de acceso al Internet inalámbrico a usuarios finales con costos aceptables tanto en inversión y pagos del usuario.
- La ventaja del uso de la tecnología WiMAX, radica en tener la posibilidad de trabajar sin línea de vista, puesto que el principal limitante que se tiene con las tecnologías y sistemas inalámbricos anteriores a WiMAX, tienen la necesidad de mantener la conexión con línea de vista directa, sin embargo en el lugar de estudio se tiene una zona medio poblada con obstáculos por vegetación lo cual imposibilita la conexión LOS, pero al utilizar este estándar este inconveniente es solventado.
- El equipamiento necesario para la implementación de la red se encuentran disponibles en el mercado por lo que la configuración es totalmente asequible y el criterio aplicado tiene su sustento teórico.
- La combinación de las tecnologías WiMAX y Wi-Fi, constituyen una solución conveniente para proporcionar el servicio de acceso al Internet inalámbrico de banda ancha ya que para el presente proyecto se inicialmente se consideró esta alternativa como una solución para dar cobertura a usuarios que requieren conexión móvil sin necesidad de instalar obligatoriamente un CPE WiMAX.
- WiMAX, se perfila como una solución inalámbrica de banda ancha que permitirá reducir notablemente los costos de operación y mantenimiento en comparación a los actuales servicios de redes cableadas, creando de esta manera la posibilidad de satisfacer una necesidad de comunicación y provisión de servicios básicos en zonas hasta el momento totalmente aislada,

adicionalmente cabe indicar que el despliegue de una red WiMAX será rápida y simple, construyéndose como complemento para Wi-Fi y Bluetooth.

- Las tecnologías de acceso inalámbricas por su rápido despliegue, calidad de servicio, precio moderado y sus características de no necesitar línea de vista se acoplan perfectamente para sitios suburbanos y rurales, de aquí fue seleccionada como la adecuada en el presente proyecto la red inalámbrica de banda ancha fijo WiMAX.
- Para los sistemas que utilizan tecnología WiMAX se debe hacer un cálculo del área de cobertura, tomando en cuenta el ambiente en el que se va a implementar la red.
- Luego de la inspección en sitio, se pudo determinar el rango de cobertura que entregan los equipos seleccionados determinando que los equipos cumplen con la cobertura del área total de la Urbanización.
- Con la inspección se pudo obtener de fuente directa las necesidades por parte de las personas que habitan en esta Urbanización.
- La tecnología recomendada para la futura implementación de esta red inalámbrica cubre las necesidades de la Urbanización.
- Para elaborar el diseño final de este proyecto ha sido necesario realizar consultas y sesiones de trabajo con personal experto en implementación de redes inalámbricas de pequeño, mediano y largo alcance.
- El diseño planteado en la solución final de esta red inalámbrica cumple con estándares de una tecnología de vanguardia.
- El diseño propuesto ha sido estructurado de una forma básica y sencilla, permitiendo una futura posible expansión mediante la inclusión de nuevas estaciones base, ampliando de esta manera el área de cobertura y el ancho de banda por usuario.

- Como resultado de los cálculos realizados para el diseño de la red, se concluye que se logrará dar servicio a todos los usuarios solicitantes, pero al realizar la implementación de la red, se podrá verificar el verdadero alcance del diseño con medición real en la calidad de servicio.
- Después de haber realizado el presente trabajo se puede concluir que LINUX, es un sistema operativo a futuro, lo cual quiere decir que ofrece características mejores con la evolución del mismo.
- El sistema multitarea y multiproceso de LINUX, ofrece velocidad de intercomunicación, este sistema es apto para grandes estaciones de trabajo y de servidores de red.
- LINUX es un sistema operativo libre de fácil acceso, sin embargo es necesario que el administrador de la futura red tenga amplios conocimientos sobre el sistema operativo a manejar debido a que la programación de los servicios y seguridades deberán ser efectuados en eventos posteriores al montaje del proyecto.
- LINUX ofrece la posibilidad de mantener servicios y actualizaciones gratuitas sin embargo el control de los comandos y desarrollo de cualquier aplicativo que sirviera para el servicio y mejora de la red deberá ser considerado como un agregado a la red a futuro, debido a que el presente diseño considera a LINUX para la configuración de los equipos los cuales se encuentran basados en este sistema operativo.
- El sistema operativo de los equipos BreezeAccess están basados en el sistema operativo libre lo cual ha facilitado el diseño de la presente red al presentar en los mismos equipamientos los servicios y seguridades necesarias para el requerimiento actual de la red diseñada.
- La solución de red inalámbrica para la Urbanización establece una posibilidad de conexión en cualquier sitio determinada por el área total de la Urbanización.

- El estándar IEEE 802.16 utiliza una comunicación Full – Duplex mediante las técnicas de multiplexación por división de tiempo y frecuencia, como técnica de multiplexación utiliza OFDM en la capa física logrando la transmisión de datos por medio de subportadoras ortogonales y espaciadas uniformemente entre sí para evitar interferencias entre ellas.
- Cada una de las subportadoras de OFDM utilizado en WiMAX, puede modularse de manera adaptable mediante el uso de esquemas de modulación tal como QAM o QPSK.
- OFDM permite la transmisión de información mediante conjuntos de subportadoras con la finalidad de aportar flexibilidad en la asignación de recursos y un uso eficiente del espectro radioeléctrico.
- La capa PHY es la encargada de establecer la conexión física entre los extremos de la conexión, además define diferentes aspectos técnicos tal como modulación y potencia de la señal y la Capa Mac es responsable de gestionar el tráfico a través del medio de transmisión.
- El equipamiento Breezeaccess de Alvarion para la tecnología WiMAX, se elige como mejor alternativa de instrumentos de conexión de banda ancha inalámbrica, por ser una plataforma que ofrece nuevas alternativas y ventajas no sólo en relación a costos e infraestructura sino también por servicios y aplicaciones presentes y futuras.
- No es necesario solicitar concesión para operar en la banda de frecuencia de los 2400 MHz, ya que BreezeAccess cumple con las condiciones y características establecidas que deben cumplir los sistemas que utilizan técnicas de modulación de banda ancha especificados en la Resolución 417 – 15 – CONATEL – 2005; por lo que no se requiere costos adicionales por concesión.
- Un proyecto se considera rentable cuando el TIR es mayor igual a la tasa de descuento considerada, en este proyecto se consideró que la tasa de descuento es del 16% y dado que la tasa interna de retorno es del 142%, con

lo cual se concluye que la tasa de descuento escogida es aceptable y que para esta tasa el proyecto es rentable.

- La gran demanda que existe en la actualidad de sistemas inalámbricos de banda ancha es constante por lo cual el estándar que actualmente está ofreciendo dicho acceso inalámbrico es IEEE 802.16, el cual cuenta con una tasa de transmisión de hasta 75 Mbps con un alcance de aproximadamente 50 Km de distancia mediante tecnología que no requiera línea de vista.
- Como conclusión final del presente estudio de titulación se debe indicar que queda plenamente justificado todo el análisis desarrollado, tomando en cuenta la necesidad de brindar mejores y más avanzados servicios de transporte de datos a usuarios finales, puesto que se necesita dar solución a aquellos sectores a los cuales por razones técnicas o físicas o se los ha podido atender, entregando de esta manera la prestación del servicio solicitado y el acceso a una nueva generación tecnológica.

5.2 RECOMENDACIONES

Con la finalidad de tener mejores resultados al momento de implementar el sistema, se recomienda:

- Para conseguir una mejor calidad en los enlaces con los clientes, quienes tendrán enlace NLOS, se deberá hacer apuntamientos con las antenas en todas las direcciones en orden de obtener la mejor señal, por lo cual se recomienda utilizar antenas omnidireccionales para el diseño del proyecto.
- El plan de frecuencia presentado en este estudio de titulación es únicamente tentativo, puesto que para la realización de un proyecto con carácter de implementación real se debe hacer un análisis de espectro en cada emplazamiento de las radios bases para saber en qué banda de frecuencia hay mejor señal a ruido.
- Para diseños de redes inalámbricas de banda ancha se recomienda hacer un estudio de demanda basado en encuestas y/o entrevistas, que se enfoquen en las necesidades de los potenciales, para de esta manera tener datos más reales de la cantidad de usuarios que se tendría en la red.
- A la tecnología WiMAX no se lo debe considerar como el sucesor de la tecnología Wi-Fi ya que Wi-Fi es el complemento para mejor desempeño de la misma.
- Los cálculos para el diseño de la red fueron realizados en base a datos obtenidos de las características técnicas de los equipos BreezeAccess de Alvarion; razón por la cual se recomienda usar la misma marca o similar, de lo contrario pueden variar los resultados obtenidos
- Se recomienda que los usuarios de la Urbanización, deben disponer de dispositivos inalámbricos para la conexión.
- Para un mejor aprovechamiento de la infraestructura instalada se recomienda el uso de equipos portátiles.

- Se recomienda mantener cuidado de sus pertenencias ya que la conexión puede efectuarse desde cualquier sitio dentro de la Urbanización.
- Se recomienda no hacer uso de equipos celulares o radios de comunicación mientras se trabaje en Internet para no interferir con la señal inalámbrica de su acceso.
- Se recomienda que los usuarios dispongan y mantengan actualizados sus sistemas de antivirus, parches, service pack, firewalls personales.
- Se recomienda un mantenimiento periódico de al menos dos veces al año de los equipos de toda la red inalámbrica de la Urbanización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA

- Computer Networks, Tanenbaum, Andrew S, 4th Ed. Prentice-Hall, 2003
- Comunicación y redes de computadores, Stalling William
- Resolución 538-20-CONATEL-2000, “NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACION DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO”.
- Comunicaciones móviles e inalámbricas, GAPTEL (Grupo de Análisis y Prospectiva del sector de las Telecomunicaciones), Autores: Banegas Jesús, Esquerré Carles, Pérez Jorge y otros autores, Septiembre del 2005
- Espectro Radioeléctrico, Superintendencia de Telecomunicaciones, Radiocomunicaciones.
- Internetworking Technology Overview, Junio 1999, Digital Subscriber Line, Margaret M.Parraz
- Redes Inalámbricas: IEEE 802.11, Ponce Enrique de Miguel, Molina Tortosa Enrique, Mompó Maicas Vicente
- Seguridad para comunicaciones inalámbricas, Nichols, Randall K; Lekkas, Panos C.
- Redes de banda ancha, Caballero, José M.
- Seguridad en WIFI, Millar, Stewart S.
- Metodologías de la investigación: Cuarta edición, Roberto
- Conceptos técnicos básicos de las tecnologías DSL, Luis Merayo Fernández Telefónica Empresas, Diciembre 2005
- Reglamento de Radiocomunicaciones. Resolución N° 556-21-CONATEL-2000. Registro Oficial N° 215-00-11-30
- Reglamento de Interconexión. Resolución 470-19-CONATEL- 2001 R.O. No. 481- 26-12-2001.
- Análisis de Alternativas de Comunicación para las Zonas Rurales de la Costa Ecuatoriana: Hernán Córdova, Escuela Superior Politécnica del

Litoral. Guayaquil, Ecuador, Análisis de Alternativas de Comunicación para las Zonas Rurales de la Costa Ecuatoriana.

- Comunicaciones Inalámbricas, Estándar IEEE 802.11, Iván Bernal, Ph.D., Diciembre 2005

INTERNET

- <http://supertel.gov.ec/telecomunicaciones/portadores.htm>
- <http://supertel.gov.ec/radiocomunicaciones/espectro.htm>
- <http://www.scrbd.com/doc/53197/WiMAX-Oportunidades-y-desafios-en-el-mundo-inalambrico?query2=RADIOENLACES+WIMAX>
- http://www.intel.com/espanol/netcomms/wp03_espanhol.pdf
- <http://www.wimaxforum.org>
- <http://www.monografias.com/trabajos14/wi-fi/wi-fi.shtml#COMPAT>
- <http://www.terra.es/tecnologia/articulo/html/tec14655.htm>
- http://www.cdg.org/resources/white_papers/files/WIMAX%20Spanish.pdf
- http://osl.uca.es/jornadas/cd/Contenidos/Manual_Distribuciones/ManualSuSE10/cha.wireless.html
- <http://contrasentido.yukei.net/wp-content/uploads/2007/08/modulo3.pdf>
- http://www.subtel.cl/prontus_subtel/site/artic/20070102/asocfile/20070102180725/cond_ind_calidad.PDF
- http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_modernos/articulos_coruna_2003/actas_pdf/SESION%206/S6.%20Aula%202.4/1558%20-%20SISTEMA%20MEDICION.pdf
- https://www.santabarbara.es/Web/es/docs_sb/download/SB_Catalogo_Netcom.pdf
- <http://www.cnc.gov.ar/homologaciones/EquiposDestalle.asp?ID=10801640>
- http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_modernos/articulos_coruna_2003/actas_pdf/SESION%206/S6.%20Aula%202.4/1558%20-%20SISTEMA%20MEDICION.pdf
- http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico
- <http://www.telefonia.com.ar/expocomm>
- http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/doc_xds!_a.pdf
- <http://www.xilinx.com/esp/wired/optical/calleteral/DSL.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

PLANO DE LA URBANIZACIÓN PIN DE PETROINDUSTRIAL

ANEXO 2

DISEÑO DE LA RED DE LA URBANIZACIÓN PIN

ANEXO 3**DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DENTRO DE LA
URBANIZACIÓN PIN**

ANEXO 4

CANALIZACIÓN DE FRECUENCIAS PARA LA URBANIZACIÓN PIN

ANEXO 5



INSTRUCTIVO FORMULARIOS PERMISOS DE OPERACIÓN DE RED PRIVADA

INTRODUCCION

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones ha establecido los formularios necesarios para el trámite correspondiente a la obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA; estos están organizados de la siguiente forma:

1. Formulario ST-1A-DGGST (Formulario de Información General).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA. En este formulario se debe registrar toda la información legal del solicitante y el responsable técnico.
2. Formulario ST-2A-DGGST (Formulario para Información características técnicas y control de documentación).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA. Se debe indicar las características técnicas generales de la RED PRIVADA y describir todos los documentos técnicos - legales (formularios) que se presentan con la solicitud que para el efecto han sido establecidos por esta Secretaría.

En todos los ítems de los formularios que necesitan una aclaración acerca de la forma como ingresar la información, existe un numeral en la parte superior izquierda del recuadro correspondiente, a fin de relacionarlo con las especificaciones del presente instructivo. El número indicado en el inicio de cada instrucción se relaciona con el número indicado en el formulario respectivo.

En caso que el solicitante utilice Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y/o Servicio Fijo Móvil por Satélite deberá presentar obligatoriamente los formularios necesarios para la obtención del certificado de registro o la concesión de frecuencias, respectivamente, que su sistema requiere para operar⁽⁵⁾.

En los numerales 2) y 3) del formulario ST-1A-DGGST y en el numeral 2) del formulario ST-2A-DGGST el solicitante deberá marcar entre los paréntesis con una cruz **(X)** una o varias opciones de acuerdo con las características técnicas del sistema de comunicación que sea instalar.

Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo a lo establecido en este instructivo. Si existe alguna información faltante o incorrecta, no se tramitarán las solicitudes realizadas.

Los campos que se encuentren marcadas con un asterisco (*) serán obligatorios.

ST-1A. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL

- 2) **OBJETIVO DE LA SOLICITUD.** Solicitar el Permiso de Operación de Red Privada, así como ampliaciones y/o modificaciones del mismo (marcar solamente una).
- 3) **MEDIO DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA.** Se refiere al medio de transmisión que se utilizará para comunicar las estaciones (pueden marcarse los tres de ser el caso).

DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO

- 4) **PERSONA NATURAL.** Nombres, apellidos y número de cédula de identidad en los casilleros correspondientes, de acuerdo a la identificación presentada. Adjuntar copia de la cédula de identidad.
- 5) **PERSONA JURÍDICA, NOMBRE DE LA EMPRESA.** Denominación legal de la empresa.

- 6) **REPRESENTANTE LEGAL.** Nombres, apellidos y número de cédula de identidad en los casilleros correspondientes, de acuerdo a la identificación presentada. Adjuntar adicionalmente copia del nombramiento del representante legal.
- 7) **CARGO.** De acuerdo al nombramiento presentado con la solicitud.
- 8) **ACTIVIDAD DE LA EMPRESA.** Labor principal a la que se dedica la empresa. Se deberá además, especificar el número de RUC de la empresa en el casillero correspondiente.
- 9) **DIRECCIÓN.** Provincia, Ciudad y Dirección exacta, ya sea de la persona natural o empresa, en donde se recibe la correspondencia enviada. Consta además, **la dirección electrónica (E-MAIL)**, casilla y teléfono.
- 10) **CERTIFICACIÓN DEL PROFESIONAL TÉCNICO (RESPONSABLE TÉCNICO).** Se deben establecer los datos del profesional a cargo del sistema de telecomunicaciones. La certificación representa una autorización, para que la persona encargada del sistema pueda representar al solicitante en cualquier requerimiento técnico que la SENATEL realice. El profesional a cargo debe ser un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones afiliado a uno de los colegios profesionales del país; **deberá adjuntarse a este formulario una copia de la licencia profesional actualizada del responsable técnico.**
- 11) **CERTIFICACIÓN DE LA PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL.** Esta certificación representa una declaración de que la Persona Natural o Jurídica acepta las condiciones del estudio técnico presentado y delega la responsabilidad sobre el mismo al responsable técnico.
- 12) **OBSERVACIONES:** En caso de que el solicitante requiera hacer una aclaración a la información declarada, deberá especificarla brevemente en este campo.

- 13) **PARA USO DE LA SENATEL.** Campo reservado para uso exclusivo de la SENATEL, por lo tanto no debe ser llenado.

ST-2A. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN TÉCNICA

- 2) **CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA:** En el caso de requerir de uso de espectro radioeléctrico (sistemas de modulación digital de banda ancha), indicar la configuración del sistema que desea operar.
- 3) **COBERTURA.** Nombre de las provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado.
- 4) **CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.** Se deberá colocar el número de estaciones, repetidoras, el número de enlaces de cobre, el número de enlaces de fibra óptica, el número de enlaces de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (SMDBA), el número de enlaces del Servicio Fijo por Satélite (FMS) y el número total de enlaces. Por ejemplo si un sistema esta compuesto por: 3 estaciones y 1 repetidor; 3 enlaces de los cuales 2 utilizan SMDBA y el restante el medio de transmisión es físico (fibra óptica), el formulario deberá estar lleno de la siguiente forma.

4) CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA						
No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FISICOS		ENLACES INALAMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES
		COBRE	FIBRA OPTICA	FMS	SMDBA	
3	1	-----	1	----	2	3

- 5) **FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR:** El solicitante marcará con una (X) al frente de cada formulario que contienen su solicitud.

<u>SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (SMDBA)</u>	
FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	(X)
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	(X)
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	(X)
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-MULTIPUNTO)	(X)
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	(X)
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	(X)
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)	(X)
FORMULARIO RC-15ª FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	(X)
<u>SISTEMA SERVICIO FIJO POR SATÉLITE (FMS)</u>	
FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	(X)
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	(X)
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATÉLITE	(X)
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA	(X)
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	(X)
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	(X)

ANEXO 6 y 7

		FORMULARIO DE INFORMACION GENERAL PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA		ST - 1A Elab.: DGGST
SOLICITUD:				
2) OBJETO DE LA SOLICITUD*:		<input type="checkbox"/> PERMISO RED PRIVADA <input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN Y/O AMPLIACIÓN RED PRIVADA		
3) MEDIO DE TRANSMISIÓN DE SISTEMA*:		<input type="checkbox"/> MEDIO FÍSICO <input type="checkbox"/> SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA <input type="checkbox"/> SERVICIO FIJO <input type="checkbox"/> MÓVIL POR SATELITE		
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:				
PERSONA NATURAL				
4) NOMBRE				
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	CI*:
PERSONA JURIDICA				
5) NOMBRE DE LA EMPRESA*:				
6) REPRESENTANTE LEGAL				
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	CI*:
7) CARGO*				
8) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:				RUC*:
9) DIRECCION				
PROVINCIA*:		CIUDAD*:	DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.)*:	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX*:	
10) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)				
Certifico que el presente anteproyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	LIC. PROF*:
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX*:	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.)*:			FECHA:	FIRMA
11) DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA				

Declaro bajo juramento que la información proporcionada es verídica y que conozco que la comprobación de falsedad de la misma o de los documentos anexos, determinará el archivo de esta solicitud

NOMBRE*:	FECHA:	FIRMA
----------	--------	-------

12) OBSERVACIONES:

13) PARA USO DE LA SNT

SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ()	CONSTITUCIÓN DE LA CIA. ()	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ()	CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ()
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ()	COMPROBANTE DEL 1/1000 ()	ANTEPROYECTO TÉCNICO ()	COPIA LICENCIA PROFESIONAL ()
COPIA CARACTERÍSTICAS MEDIOS FÍSICOS DE TRANSMISIÓN ()	COPIA CONTRATOS CON PORTADOR ()	C. SUPTEL ()	
COPIA DE ESCRITURAS PROPIEDAD ()	COPIAS CONTRATOS DE ARREND. ()	OTROS (AGUA,LUZ,IMP.PREDIAL) ()	

	FORMULARIO DE INFORMACIÓN TÉCNICO PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA	ST- 2A Elab.: DGGST
--	---	-------------------------------

2) CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)

PUNTO A PUNTO ()	PUNTO A MULTIPUNTO ()
-------------------	------------------------

3) **COBERTURA** (Provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado)*

4) CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA, SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATÉLITE, COBRE Y/O FIBRA ÓPTICA)*

No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FÍSICOS		ENLACES INALÁMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES
		COBRE	FIBRA ÓPTICA	FIJO MÓVIL POR SATELITE	MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA	

5)

FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR

SISTEMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)

FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	()
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	()
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	()
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	()
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	()
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)	()
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	()

SERVICIO FIJO MOVIL POR SATÉLITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)

FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	()
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	()
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATÉLITE	()
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA	()
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	()
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	()

Requisitos

Jueves, 14 de Mayo de 2009 16:25 - Actualizado Martes, 26 de Mayo de 2009 14:18

Derechos Servicios de Valor Agregado

Mediante Resolución 072-03-CONATEL-2002 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resuelve determinar como valor de permiso para la prestación de servicios de valor agregado el valor de USD 500 dólares de los Estados Unidos de América.

Duración Servicio Valor Agregado

El título habilitante para la prestación de servicios de valor agregado tendrá una duración de 10 años, prorrogables por igual período de tiempo, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando el prestador haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante.

ANEXO 8

RESOLUCION 417-15-CONATEL-2005

EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL

CONSIDERANDO:

Que el artículo 247 de la Constitución Política de la República, así como también el artículo 47 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, disponen que el Espectro Radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible.

Que de conformidad con lo señalado en el artículo innumerado primero del artículo 10 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente de Administración y Regulación de las telecomunicaciones en el país.

Que el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT la Nota 5.150, establece que las bandas 902 - 928 MHz, 2400 - 2500 MHz y 5725 - 5875 MHz están asignadas para aplicaciones industriales, científicas y medicas (ICM).

Que como parte de las Resolución 229 de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2003 (CMR-03), celebrada en Ginebra, se estableció la utilización de las bandas 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz para el servicio móvil para la implementación de Sistemas de Acceso Inalámbrico (WAS), incluidas las redes radioeléctricas de área local (RLAN).

Que la implementación y operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, permiten utilizar una baja densidad espectral de potencia, que minimiza la posibilidad de interferencia.

Que los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha pueden coexistir con Sistemas de Banda Angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico.

Que es necesario que la administración ecuatoriana se asegure que los sistemas que emplean técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha, como es el caso de Sistemas de Acceso Inalámbrico (WAS), incluidas las Redes Radioeléctricas de Área Local (RLAN), cumplan con las técnicas de reducción de la interferencia requeridas, de acuerdo al tipo de equipos y la observancia de normas.

Que los avances tecnológicos y los nuevos servicios de telecomunicaciones, hacen necesario designar dentro del territorio nacional bandas de frecuencias radioeléctricas, para operar sistemas de telecomunicaciones sin causar interferencia perjudicial a un sistema que esté operando a título primario.

Que se hace necesaria la regulación para la operación e implementación de Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha.

En ejercicio de las atribuciones legales que le confiere el artículo 10, artículo innumerado tercero, y demás normas pertinentes de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, y en concordancia con lo dispuesto en el artículo 41 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005**RESUELVE:**

Expedir la siguiente:

**NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE
MODULACION
DIGITAL DE BANDA ANCHA****CAPITULO I OBJETO, TERMINOS Y
DEFINICIONES**

Artículo 1. Objeto. La presente Norma tiene por objeto regular la instalación y operación de Sistemas de Radiocomunicaciones que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en los rangos de frecuencias que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL.

Artículo 2. Términos y Definiciones. En todo aquello que no se encuentre definido técnicamente en el Glosario de Términos y Definiciones de la presente Norma, se aplicarán los términos y definiciones que constan en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, su Reglamento General, el Reglamento de Radiocomunicaciones y el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

**CAPITULO II DISPOSICIONES
GENERALES**

Artículo 3. Competencia. El Secretario Nacional de Telecomunicaciones, por delegación del CONATEL, aprobará la operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha mediante la emisión de un Certificado de Registro.

Artículo 4. Atribución. La atribución de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha es a título secundario, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y en el Plan Nacional de Frecuencias.

CAPITULO III NORMA TECNICA

Artículo 5. Características de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.-

Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha son aquellos que se caracterizan por:

- a) Una distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de una anchura de banda mucho mayor que la convencional, y con un nivel bajo de potencia;
- b) La utilización de técnicas de modulación que proporcionan una señal resistente a las interferencias;
- c) Permitir a diferentes usuarios utilizar simultáneamente la misma banda de frecuencias;

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

- d) Coexistir con Sistemas de Banda Angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico.
- e) Operar en Bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de Atribución de bandas de frecuencias.

Artículo 6. Bandas de Frecuencias.- Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

BANDA (MHz)	ASIGNACION
902 - 928	ICM
2400-2483.5	ICM
5150-5250	INI
5250-5350	INI
5470-5725	INI
5725-5850	ICM

El CONATEL aprobará y establecerá las características técnicas de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en bandas distintas a las indicadas en la presente Norma, previo estudio sustentado y emitido por la SNT.

Artículo 7. Configuración de Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha.- La operación de los sistemas con técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha se aprobará en las siguientes configuraciones:

Sistemas punto - punto;
Sistemas punto - multipunto;
Sistemas móviles.

Artículo 8. Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.- Se establecen los límites de Potencia para cada una de las bandas de acuerdo con el Anexo 1; así como los Límites de Emisiones no Deseadas de acuerdo con el Anexo 2 de la presente Norma.

CAPITULO IV HOMOLOGACIÓN

Artículo 9. Homologación. Todos los equipos que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha deberán ser homologados por la SUPTEL, de acuerdo con los Anexos 1 y 2 de la presente Norma.

Artículo 10. Bases de la Homologación. La homologación de los equipos se efectuará en base a las características estipuladas en el catálogo técnico del equipo, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones.

RESOLUCIÓN 417-15 CONATEL-2005**CAPITULO V****SOLICITUD Y REGISTRO**

Artículo 11. Solicitud de Registro. La SNT llevará un Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, siempre y cuando estén exentos de requerir autorización del CONATEL de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Radiocomunicaciones. Para la inscripción en este Registro, los interesados en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar una solicitud con todos los requisitos para su aprobación dirigida a la SNT, cumpliendo con los datos consignados en el formulario técnico que para el efecto pondrá a disposición la SNT.

Artículo 12. Certificados de Registro. Una vez presentada la documentación y previo el análisis respectivo, la SNT procederá con la emisión del Certificado de Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha que será entregado al interesado, el cual incluirá la descripción del sistema registrado.

El Certificado de Registro será otorgado por la SNT, en el término máximo de diez (10) días a partir de la presentación de la solicitud, previo el pago de los valores establecidos en el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, vigente a la fecha de registro, más los impuestos de ley.

Artículo 13. Vigencia del Registro. El Certificado de Registro para la operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha tendrá una duración de cinco años y podrá ser renovado, previa solicitud del interesado, dentro del plazo de treinta (30) días anteriores a su vencimiento, previo el pago correspondiente.

De no darse cumplimiento a lo establecido en el párrafo anterior el Certificado quedará anulado de manera automática, y el usuario o concesionario no estará autorizado para operar el sistema.

CAPITULO VI

DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL USUARIO

Artículo 14. Respeto de los Sistemas de Explotación. Cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha corresponda a la prestación de un Servicio de Telecomunicaciones, el concesionario deberá contar con el Título Habilitante respectivo, de conformidad con la normativa vigente.

Artículo 15. Respeto de los Sistemas Privados. Cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha corresponda a Sistemas Privados, es decir que se prohíbe expresamente el alquiler del sistema a terceras personas, el concesionario deberá obtener previamente el Título Habilitante respectivo, de conformidad con la normativa vigente.

Artículo 16. Interferencia. Si un equipo o sistema ocasiona interferencia perjudicial a un sistema autorizado que está operando a título primario, aun si dicho equipo o sistema cumple con las características técnicas establecidas en los Reglamentos y Normas pertinentes, deberá suspender inmediatamente la operación del mismo. La operación no

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

Podrá reanudarse, hasta que la SUPTEL envíe un informe técnico favorable indicando que se ha subsanado la interferencia perjudicial.

Artículo 17. Modificaciones. Los usuarios que requieran modificar la ubicación de sus sitios de transmisión o la información de las características técnicas registradas en la SNT, deberán solicitar previamente dicha modificación a la SNT a fin de que sea autorizada por la referida entidad.

Los usuarios que requieran interrumpir el proceso de registro de un "Certificado de Registro de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha", únicamente lo podrán realizar por voluntad del concesionario o usuario, expresada mediante solicitud escrita dentro de las 48 horas posteriores a la solicitud original.

Artículo 18. Responsabilidad. El usuario de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha es responsable de asegurar que las emisiones se encuentren dentro de la banda de frecuencias de operación y de cumplir con todas las condiciones técnicas especificadas en el Certificado de Registro, de conformidad con lo preceptuado en la presente Norma.

CAPITULO VII

CONTROL

Artículo 19. Control. La SUPTEL realizará el control de los sistemas que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha y vigilará que éstos cumplan con lo dispuesto en la presente Norma y las disposiciones Reglamentarias pertinentes.

GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES

ANCHURA DE BANDA DE EMISIÓN: Para los propósitos de aplicación de la presente norma, la anchura de banda deberá ser determinada midiendo la densidad espectral de potencia de la señal entre dos puntos que estén 26 dB por debajo del nivel máximo de la portadora modulada a ambos extremos de la frecuencia central de portadora.

BANDA DE FRECUENCIAS ASIGNADAS: Banda de frecuencias en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada.

CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones, ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país.

DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA: La densidad espectral de potencia es la energía total de salida por unidad de ancho de banda de un pulso o secuencia de pulsos para los cuales la potencia de transmisión es al pico o el máximo nivel y dividida para la duración total de pulsos. Este tiempo total no incluye el tiempo entre pulsos durante el cual la potencia transmitida es nula o está bajo su máximo nivel.

DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA PICO: La densidad espectral de potencia pico es la máxima densidad espectral de potencia, dentro del ancho de banda específico de medición.

DENSIDAD MEDIA DE LA P.I.R.E.: La P.I.R.E. radiada durante la ráfaga de transmisión correspondiente a la potencia máxima, de aplicarse un control de potencia.

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

DFS (Dynamic Frequency Selection): Selección Dinámica de Frecuencia, es un mecanismo que dinámicamente detecta canales desde otros sistemas y permite una operación co-canal con otros sistemas tales como radares.

EMISIÓN FUERA DE BANDA: Emisión en una o varias frecuencias situadas inmediatamente fuera de la anchura de banda necesaria, resultante del proceso de modulación, excluyendo las emisiones no esenciales.

FRECUENCIA ASIGNADA: Frecuencia central de la banda de frecuencias asignadas a una estación.

INTERFERENCIA: Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

INTERFERENCIA PERJUDICIAL: Interferencia que compromete el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación.

LIMITES DE EMISIONES NO DESEADAS: Se refiere a las emisiones pico fuera de las bandas de frecuencia de operación.

MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA: Utilización de diferentes técnicas de modulación digital en una anchura de banda asignada con una densidad espectral de potencia baja compatible con la utilización eficaz del espectro; al permitir la coexistencia de múltiples sistemas en una misma anchura de banda.

P.I.R.E. (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente): Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isotrópica, en una dirección determinada.

POTENCIA PICO TRANSMITIDA: La potencia máxima transmitida medida sobre un intervalo de tiempo máximo de $30/B$ (donde B es la anchura de banda de emisión a 26 dB de la señal en Hertz) o la duración del pulso transmitido por un equipo, se toma el valor que sea menor, bajo todas las condiciones de modulación.

POTENCIA TRANSMITIDA: Es la energía total transmitida sobre un intervalo de tiempo de hasta $30/B$ (donde B es la anchura de banda de emisión de la señal a 26 dB de la señal en Hertz) o la duración del pulso de transmisión, se toma el valor que sea menor, dividido para la duración del intervalo.

RADIODETERMINACION: Determinación de la posición, velocidad u otras características de un objeto, u obtención de información relativa a estos parámetros, mediante las propiedades de propagación de las ondas radioeléctricas.

RLAN (Radio Local Area Network): Red Radioeléctrica de Área Local, que constituye una radiocomunicación entre computadores, aparatos electrónicos y dispositivos físicamente cercanos.

SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA: Sistemas de radiocomunicaciones que utilizan técnicas de codificación o modulación digital, cuyos equipos funcionan de conformidad con los límites de potencia y la densidad media de

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

P.I.R.E. que se establecen en la presente Norma, en las bandas de frecuencias que determine el CONATEL.

SISTEMA PUNTO - PUNTO: Sistema de radiocomunicación que permite enlazar dos estaciones fijas distantes, empleando antenas direccionales en ambos extremos, estableciendo comunicación unidireccional ó bidireccional.

SISTEMA PUNTO - MULTIPUNTO: Sistema de radiocomunicación que permite enlazar una estación fija central con varias estaciones fijas distantes. Las estaciones fijas distantes emplean antenas direccionales para comunicarse en forma unidireccional o bidireccional con la estación fija central.

SISTEMA MOVIL: Sistema de radiocomunicaciones que permite enlazar una estación fija central con una o varias estaciones destinadas a ser utilizadas en movimiento o mientras estén detenidas en puntos no determinados.

SNT: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, ente encargado de la ejecución de las políticas de telecomunicaciones en el país.

SUPTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones, ente encargado del control y monitoreo del espectro radioeléctrico y de los sistemas y servicios de radiocomunicación.

TPC (Transmit Power Control): Control de Potencia Transmitida, es una característica que habilita a los equipos que operan en las bandas de la presente norma, para conmutar dinámicamente varios niveles de transmisión de potencia en los procesos de transmisión de datos.

WAS (Wireless Access Systems): Sistemas de Acceso Inalámbrico, el término de sistemas de acceso inalámbrico se aplicará a todas las tecnologías de radiocomunicación de banda ancha y baja potencia, en la cual la forma de acceso en que los usuarios obtienen un servicio de telecomunicaciones es mediante enlaces ópticos o de radiofrecuencia.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera. Todos los beneficiarios de los Certificados de Registro para Uso de Tecnología de Espectro Ensanchado otorgados con anterioridad a la presente Norma y que se encuentren vigentes deberán proceder a registrarse en la SNT como Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha de conformidad con lo dispuesto en esta Norma dentro de un plazo de 30 días anteriores al vencimiento del período anual de pago. Los Certificados de Registro para Uso de Tecnología de Espectro Ensanchado, deberán ser canjeados por su correspondiente Certificado de Registro para uso de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Segunda. La tarifa por uso de frecuencias de Espectro Ensanchado de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico que se encuentra vigente se aplicará a todos los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

Los pagos por el Certificado de Registro para la operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha se realizarán en forma anual, en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005**DISPOSICION FINAL**

Deróguese la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado aprobado con la Resolución 538-20-CONATEL-2000, publicada en el Registro Oficial 215 del 30 de noviembre del 2000; así como todas las disposiciones que se opongan al contenido de la presente Norma.

La presente Norma entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial, y de su ejecución encárguese a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Dado en Quito a 13 de octubre de 2005.

DR. JUAN CARLOS SOLINES MORENO
PRESIDENTE DEL CONATEL.

AB. PAOLA COSIOS GONZÁLEZ
SECRETARIA DEL CONATEL (S)

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

ANEXO 1

Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha

SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA				
Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
punto-punto	902 – 928	250	---	---
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	2400 – 2483.5	1000	---	---
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5150 – 5250	50 ⁱ	200	10
punto-multipunto				
móviles				
Punto-punto	5250 – 5350	--	200	10
punto-multipunto		250 ⁱⁱ	1000	50
móviles				
punto-punto	5470 – 5725	250 ⁱⁱ	1000	50
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5725-5850	1000	---	---
punto-multipunto				
Móviles				

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

- i. Si la ganancia de la antena direccional empleada exclusivamente en los sistemas fijos punto - punto y que operan en la banda 2400 - 2483.5 MHz es superior a 6 dBi, deberá reducirse la potencia máxima de salida del transmisor, esto es 1 Watt, en 1dB por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda los 6 dBi.
- ii. Cuando en las bandas de 5150 - 5250 MHz, 5250 - 5350 MHz y 5470 - 5725 MHz, se utilicen en equipos con antenas de transmisión de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia de transmisión pico y la densidad espectral de potencia pico deberán ser reducidas en la cantidad de dB que superen la ganancia de la antena direccional que exceda los 6 dBi.
- iii. Cualquier dispositivo que opere en la banda de 5150 - 5250 MHz deberá utilizar una antena de transmisión que sea parte integral del dispositivo.
- iv. Dentro de la banda de 5150 - 5250 MHz y 5250 - 5350 MHz, los dispositivos que emplean Modulación Digital de Banda Ancha que estuvieran restringidos a operaciones al interior de recintos cerrados, deberán contar con sistemas que dispongan de selección dinámica de frecuencia (DFS) de acuerdo a la Recomendación UIT-R M.1652 sobre sistemas de acceso de radio incluyendo RLAN en 5000 MHz

En estas bandas, la densidad espectral de la P.I.R.E. media no debe exceder 0.04mw/4kHz medida en cualquier ancho de banda de 4 kHz o lo que es lo mismo 10mW/MHz.

- v. En las bandas de 5250 - 5350 MHz y 5470 - 5725 MHz los usuarios de sistemas móviles deben emplear controles de potencia en el transmisor capaces de garantizar una reducción media de por lo menos 3 dB de la potencia de salida media máxima de los sistemas o, en caso de no emplearse controles de potencia de transmisor, que la P.I.R.E. máxima se reduzca en 3 dB.

Los usuarios de sistemas móviles deberán aplicar las medidas de reducción de la interferencia que contempla la Recomendación UIT-R M.1652, a fin de asegurar un comportamiento compatible con los sistemas de radiodeterminación.

- vi. En la banda de 5250 - 5350 MHz, los sistemas que funcionen con una P.I.R.E. media máxima de 1 W y una densidad de P.I.R.E. media máxima de 50 mW/MHz en cualquier banda de 1 MHz, y cuando funcionen con una P.I.R.E.. media superior a 200 mW deberán cumplir con la densidad de P.I.R.E. de acuerdo a la Tabla No. 1 del presente anexo.

Densidad de P.I.R.E. (dBW/MHz)	Intervalo de θ
-13	$0^\circ < \theta < 8^\circ$
$-13 - 0.716 * (\theta - 8)$	$8^\circ < \theta < 40^\circ$
$-35.9 - 1.22 * (\theta - 40)$	$40^\circ < \theta < 45^\circ$
-42	$\theta > 45^\circ$

Tabla No. 1

Donde:

Es el ángulo, expresado en grados, por encima del plano horizontal local (de la Tierra).

RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005

vii. Los sistemas que operen en la banda de 5725 - 5850 MHz pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi y de hasta 23 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor.

Si emplean ganancia direccional en la antena mayor a 23 dBi, será requerida una reducción de 1 dB en la potencia pico del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda a los 23 dBi.

viii. Los equipos que emplean Modulación Digital de Banda Ancha que requieren Autorización de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Radiocomunicaciones, deben cumplir con lo establecido en la Tabla No. 2 del presente anexo:

Equipos con Potencia (P)	antenas	áreas
$P < 100 \text{ Mw}$	directivas	públicas o privadas
$P < 300 \text{ mW}$.	exteriores	públicas
$300 < P < 1000 \text{ mW}$,	cualquier tipo de antenas	públicas o privadas

Tabla. No. 2

ACRÓNIMOS

ADSL	Asymmetric Digita Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor
Asimétrica	
ATM	Modo de Transferencia Asíncronico
AU	Access Unit
BS	Base Station, Estación Base
CPE	Costumer Premias Equipment, Unidad de Premisas del
Suscriptor	
CS	Convergente Sublayer, Capa de Convergencia
CPS	Common Part Sublayer
HOTSPOT	Punto de Acceso
IDU	Indoor Unit
LOS	Line of Sight
LMDS	Local Multipoint Distribution
MAC	Medium Access Control
NLOS	None Line of Sight
ODU	Outdoor Unit
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PDU	Protocol Data Unit
PHS	Payload Header Supression, Supresión de cabecera de la carga
útil de la trama	
PKM	Key Management Protocol
PS	Privacy Sublayer, Subcapa de Privacidad
PSK	Phase Shift Keying
TDD	Duplexación por División de Tiempo
QAM	Quadrature Amplitude Modulation, Modulación de Amplitud en
Cuadratura	
QoS	Quality of Service, Calidad del Servicio
QPSK	Clave de Desplazamiento de Cuadratura de Fase
SDU	Service Data Unit
SOHO	Small Office Home Office, Pequeña Oficina en Casa
SU	Suscriber Unit, Unidad de Suscriptor
SS	Service Access Point
xDSL	Any Digital Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor